VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Práce se softvérovým nástrojem Wireless InSite Pro

Working with Software Tool Wireless InSite Pro

2017 **Lukáš Stryja**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Stryja**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie

Téma: Práce se softvérovým nástrojem Wireless Insite Pro
Working with Software Tool Wireless Insite Pro

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je nastudovat a popsat prostředí, nastavení, funkce a možnosti softvérového nástroje Wireless Insite Pro a tyto prezentovat formou názorných praktických příkladů. Součástí práce je i vytvoření manuálu pro práci s tímto softvérovým nástrojem.

1. Zmapování nabídky a srovnání softvérových nástrojů pro analýzu šíření rádiových signálů.
2. Popis prostředí, nastavení, funkcí a možností softvérového nástroje Wireless Insite Pro s využitím názorných praktických příkladů.
3. Vytvoření manuálu pro práci se softvérovým nástrojem Wireless Insite Pro.

Seznam doporučené odborné literatury:

Wireless Insite Pro - uživatelská příručka
Pechač P.: Šíření vln v zástavbě, BEN, 2005, ISBN: 80-7300-186-1

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Šebesta, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: *25. dubna 2017*

.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Ing. Romanu Šebestovi, Ph.D. za odbornou pomoc, vstřícnost při konzultacích a za množství času, které mi věnoval. Také bych rád poděkoval mé mamce za podporu během celého mého studia a všem přátelům, kteří mi byli oporou v době, kdy jsem chtěl se školou skončit.

Abstrakt

Tato práce se zabývá zmapováním nabídky a srovnáním některých softvérových nástrojů pro analýzu šíření rádiových signálů, a to jak uvnitř budov, tak mimo ně.

Tato práce se dále zaměřuje na podrobný popis, možnosti nastavení a funkce softvérového nástroje Wireless InSite Pro. Součásti jsou také 2 praktické příklady, které demonstrují, jak lze tento softvérový nástroj využít pro pokrytí vnitřního prostředí signálem bezdrátové technologie WiFi v pásmu 2,4 GHz a pro pokrytí venkovního prostředí signálem bezdrátové technologie LTE v pásmu 2,6 GHz.

Klíčová slova

Wireless InSite, Volcano propagation model, EDX SignalPro, WinProp – Propagation Modeling Tools, šíření rádiových signálu, bezdrátové technologie, WiFi, LTE, vnitřní prostředí, venkovní prostředí, terénní profil, optické modely šíření, metoda sledování paprsků, vícecestné šíření

Abstract

This work deals with the mapping of the offer and comparison of some software tools for the analysis of radio signal propagation, both indoor and outdoor.

This work also focuses on a detailed description, setup and functionality of the Wireless InSite Pro software tool. The components are also two practical examples demonstrating how this software tool can be used to cover the indoor environment with wireless technology WiFi in 2,4 GHz band and to cover the outdoor environment with wireless technology LTE in 2,6 GHz band.

Key words

Wireless InSite, Volcano propagation model, EDX SignalPro, WinProp – Propagation Modeling Tools, radio signal propagation, wireless technologies, WiFi, LTE, indoor environment, outdoor environment, terrain profile, optical propagation models, Ray tracing method, propagation paths

Obsah

Seznam použitých zkratek - 9 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek - 11 -
Úvod - 13 -
1 Softvérové nástroje pro analýzu šíření rádiových signálů - 14 -
1.1 Wireless InSite - 14 -
1.2 Volcano propagation model - 15 -
1.3 EDX SignalPro - 16 -
1.4 WinProp – Propagation Modeling Tools - 17 -
1.5 Srovnání softvérových nástrojů - 18 -
2 Prostředí softvérového nástroje Wireless InSite Pro - 20 -
2.1 Hlavní okno - 21 -
2.1.1 Horní menu - 21 -
2.1.2 Panel nástrojů - 24 -
2.1.3 Panel záložek - 24 -
2.1.4 Místo pro zobrazení - 24 -
2.1.5 Stavový řádek - 26 -
2.2 Zobrazení projektu - 27 -
2.2.1 Horní menu - 27 -
2.2.2 Panel přepínačů - 29 -
2.2.3 Místo pro zobrazení - 30 -
2.2.4 Stavový řádek - 30 -
2.3 Hierarchie projektu - 31 -
2.4 Zobrazení části projektu - 32 -
2.5 Zpráva o výsledku - 33 -
2.6 Multimediální přehrávač - 34 -
2.6.1 Část pro přehrávání animace - 35 -
2.6.2 Část pro nastavení zobrazení animace - 35 -
2.6.3 Část pro výběr výstupních dat - 36 -
2.6.4 Stavový řádek - 36 -
2.6.5 Tlačítka Mini player a Close - 36 -
3 Praktické příklady využití softvérového nástroje Wireless InSite Pro - 37 -

3.1 Vnitřní prostředí ..... - 37 -
3.2 Venkovní prostředí ..... - 41 -
Závěr ..... - 45 -
Použitá literatura ..... - 47 -
A Příloha na DVD ..... - 48 -

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
2D	Dvojdimenzionální prostor
2G	Mobilní sítě 2. generace
3D	Trojdimenzionální prostor
3G	Mobilní sítě 3. generace
4G	Mobilní sítě 4. generace
5G	Mobilní sítě 5. generace
COLLADA	COLLAborative Design Activity
CPU	Central processing unit
DAS	Distributed antenna system
DTED	Digital Terrain Elevation Data
DBV-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
DXF	Drawing Exchange Format
EM	Elektromagnetický
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
GPU	Graphic processing unit
GSM	Global System for Mobile Communications
HDD	Hard Disk Drive
Intel i5	Intel Core i5 microprocessor
Intel i7	Intel Core i7 microprocessor
IoT	Internet of Things
Jpeg	Joint Photographic Experts Group
LoRa	Long Range
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LTE	Long Term Evolution
MHz	Megahertz
MIMO	Multiple-input and multiple-output
MPEG	Moving Picture Experts Group

OS	Operační systém
PMR	Personal Mobile Radio
RAM	Random access memory
Shapefile	Esri Shapefile
TB	Terabyte
Tetra	Terrestrial Trunked Radio
Tiff	Tagged Image File Format
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USGS	United States Geological Survey
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WirelessHART	Wireless sensor networking technology based on the Highway Addressable Remote Transducer Protocol

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1.1	Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí ve Wireless InSite	14
1.2	Zleva: Pokrytí Francie technologií LTE a pokrytí části Dubaje technologií DBV-T	15
1.3	Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí v EDX SignalPro	16
1.4	Ukázka šíření EM signálu v komplexním prostředí v X3D Ray Tracing modulu	17
1.5	Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí v softvérovém nástroji ProMan	18
2.1	Hlavní okno	21
2.2	Dialogové okno Statistika projektu	22
2.3	Dialogové okno Nastavení	23
2.4	Panel nástrojů Hlavního okna	24
2.5	Panel záložek Hlavního okna	24
2.6	Okno Zobrazení projektu – vícecestné šířené EM vlny	27
2.7	Panel přepínačů okna Zobrazení projektu	29
2.8	Ukázka nástroje Pravítko	30
2.9	Okno Hierarchie projektu	31
2.10	Výběr konkrétní budovy v okně Zobrazení projektu	32
2.11	Zobrazení konkrétní budovy v okně Zobrazení části projektu	32
2.12	Okno Zpráva o výsledku	33
2.13	Dialogové okno Zpráva	33
2.14	Spuštění animace přes záložku Výstupní data, v Hlavním okně	34
2.15	Animace šíření EM vln ve venkovním prostředí v okně Zobrazení projektu	34
2.16	Okno Multimediální přehrávač	35
2.17	Dialogové okno Nastavení zobrazení síly signálu	36
2.18	Odlehčená verze okna Multimediální přehrávač	36

3.1	Grafické zobrazení výkonové úrovně v modelu bytu ve 3D módu	38
3.2	Grafické zobrazení výkonové úrovně v modelu bytu ve 2D módu	38
3.3	Textový soubor zobrazující hodnoty výkonové úrovně v konkrétních místech (měřících bodech)	39
3.4	Zobrazení konkrétních přijímacích bodů (MP)	39
3.5	Graf zobrazující hodnotu výkonové úrovně v závislosti na vzdálenosti konkrétních přijímacích bodů (MP) od přístupového bodu (AP).	40
3.6	Grafické zobrazení přenosové rychlosti v modelu části města s terénním profilem ve 3D módu	42
3.7	Grafické zobrazení přenosové rychlosti v modelu části města s terénním profilem ve 2D módu	42
3.8	Jeden snímek ze spuštěné animace šíření jednoho impulsu EM vlny	43
3.9	Grafické zobrazení vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu	43
3.10	Zobrazení impulsní charakteristiky vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu	44

Číslo tabulky	Název tabulky	Číslo stránky
1.1	Obecné informace	18
1.2	Doporučené hardwarové požadavky	19
1.3	Podpora bezdrátových technologií a sítí	19
1.4	Seznam použitých komponent v příkladu vnitřního prostředí	37
1.5	Seznam použitých komponent v příkladu venkovního prostředí	41

Úvod

Každý z nás dennodenně využívá množství bezdrátových sítí a technologií. Ať už vědomě nebo nevědomě. Málokdo by si dnes život dokázal představit například bez telefonování, WiFi nebo internetu v mobilu, což jsou lidmi jedny z nejčastěji využívaných bezdrátových služeb. Ať už jste tedy doma, venku, v práci, ve škole nebo právě jedete nějakým dopravním prostředkem, tam všude můžete těchto technologií využívat. A faktem je, že lidé těchto bezdrátových technologií využívají stále více a více. Zajímavé přitom je, že to nejsou pouze mladí lidé, které můžete stále vidět s chytrým telefonem v ruce. Týká se to lidí všech věkových skupin, dokonce i důchodců.

Nezapomínejme taky na to, že využití bezdrátových sítí a technologií má využití i v průmyslu, bezpečnostních systémech a ve spoustě dalších odvětví. Ano, využití těchto technologií je opravdu velké.

Velmi málo lidí si ovšem neuvědomuje náročnost udržování a zlepšování kvality těchto technologií a sítí. Jejich vytížení je stále větší a poptávka po kvalitnějších a rychlejších službách neustále roste. K současnému období, kdy píšu tuto práci, dochází například k rozmachu internetu věcí nebo se pomalu, ale jistě připravuje vybudování sítě 5G. To vše si žádá sofistikované a komplexní řešení a následnou implementaci, aby sítě fungovaly spolehlivě a rychle. A to jak teď, tak i vzhledem k budoucnosti.

K tomu nám pomáhají velmi propracované softvérové nástroje, které umožňují plánování, navrhování a optimalizování bezdrátových sítí a technologií. Výhodou je to, že nic nemusíme prakticky stavět a následně reálně měřit. Tyto nástroje nám totiž dovolují vytvořit modely prostředí, které se podobají reálným prostředím, umístit do nich vysílače a přijímače a celou tuto konkrétní situaci, za pomocí některého z mnoha modelů šíření, odsimulovat.

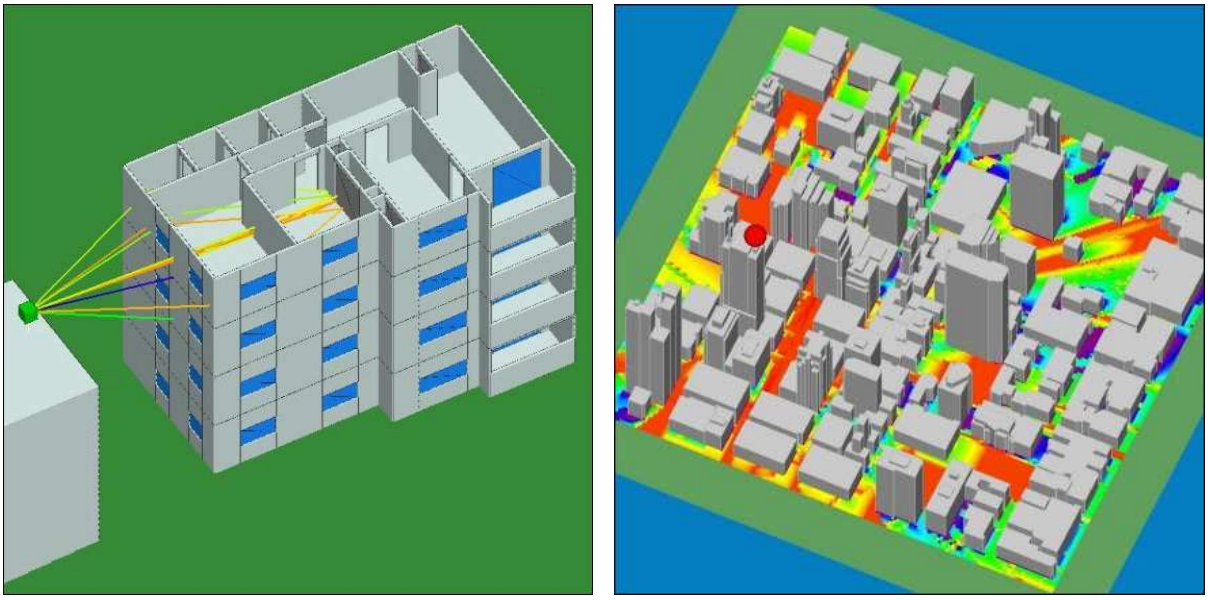
1 Softvérové nástroje pro analýzu šíření rádiových signálů

Softvérových nástrojů, které se zabývají analýzou šíření rádiových signálů, je na trhu několik. Snažil jsem se zde popsat ty, které poskytuji jejich uživatelům velice přesné a moderní nástroje, metody a modely k analýze šíření rádiových signálu, a to jak uvnitř budov, tak i mimo ně. Ke konci této kapitoly lze vidět porovnání těchto softvérových nástrojů podle některých kritérií.

1.1 Wireless InSite

Za softvérovým nástrojem Wireless InSite stojí firma Remcom, která byla založena roku 1994 a která se až do dnešní doby zabývá vývojem elektromagnetických simulačních softvérů. Wireless InSite patří mezi softvérové nástroje, které fungují na všech 64 bitových OS (operačních systémech) Windows a také na OS Red Hat Enterprise Linux 6 a jeho vyššími verzemi. Jde o komerční softvérový nástroj. Společnost Remcom ovšem umožňuje stažení plné verze tohoto softvérového nástroje, a to na 30 dní. Díky této možnosti má koncový zákazník dostatek času na jeho otestování.

Wireless InSite je softvérový nástroj, který obsahuje obrovskou škálu modelů pro velmi přesnou předpověď šíření EM (elektromagnetických) vln v různě složitých prostředích. Tímto prostředím může být samostatná vícepodlažní budova (obrázek 1.1 - levá část), ale také část města (obrázek 1.1 - pravá část) nebo dokonce celé město. Tento softvérový nástroj navíc dokáže zahrnout do svých simulací (a následně výsledků) i různě členitý terén, vegetaci či běžné objekty, jako jsou například dopravní prostředky nebo kancelářské vybavení. Součásti jsou také vestavěné editory, pro navržení všech již zmiňovaných prostředí. Tyto návrhy se pak dají kombinovat dohromady. Je zde také velká podpora pro přímé importování těchto prostředí, což bývá většinou mnohem efektivnější a méně náročnější volba. Podporované formáty souborů jsou například tyto: DXF, shapefile, DTED, USGS a mnohé další.



Obrázek 1.1: *Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí ve Wireless InSite [1]*

Výpočty a simulace šíření EM záření jsou zhotoveny na základě vyzařovacích paprsků z vysílače, které procházejí skrz definovanou geometrii až k přijímači. Interakci paprsků s překážkami

řeší vestavěný nástroj, založený na metodě sledování paprsků (Ray tracing), který používá UTD (uniformní geometrickou teorii difrakce). Přesnost výpočtu pak závisí na vlnové délce dané EM vlny. Modely šíření, které jsou založeny na UTD poskytují přesné předpovědi šíření EM záření přibližně od 100 MHz do 30 GHz.

Více informací o softvérovém nástroji Wireless InSite je možné nalézt na webových stránkách společnosti Remcom [2].

1.2 Volcano propagation model

Společnost SIRADEL, založena roku 1994, vyvíjí dva velmi sofistikované komplexní softvérové nástroje. Jedním z nich je Volcano propagation model. Tento softvérový nástroj je používán ve více jak 50 zemích světa více jak 100 mobilními operátory, mezi něž patří například i české O2. Funguje na všech 64 bitových OS Windows a jde o komerční softvérový nástroj. Informace o zkušební verzi tohoto softvérového nástroje ovšem nebyla společností poskytnuta.

SIRADEL na svých webových stránkách tvrdí, že Volcano propragation model je v současnosti nejmodernějším softvérovým nástrojem v oblasti plánování bezdrátových sítí a analýzy šíření rádiových signálů na celém světě a že kombinuje bezkonkurenční přesnost měření a výpočetní rychlost, přičemž oblast měření může být jakkoliv složitá. Díky metodě sledování paprsků, o které byla zmínka už u softvérového nástroje Wireless InSite, je tento softvérový nástroj dobrým řešením pro navrhování dnešních bezdrátových síti (obrázek 1.2), ale i sítí příští generace. A to například v oblasti nasazování malých buněk v husté zástavbě nebo v oblasti používání milimetrových vln.

Obrázek 1.2: *Zleva: Pokrytí Francie technologií LTE a pokrytí části Dubaje technologií DBV-T [3]*

Tento softvérový nástroj poskytuje mimo jiné také konkrétní doplňky:

- S_Backhaul – Nástroj pro navržení a implementaci bezdrátových páteřních sítí.
- S_IoT – Nástroj pro plánování LPWAN sítí specializovaných na internet věcí.
- S_5Gchannel – Nástroj pro simulování sítě 5G.

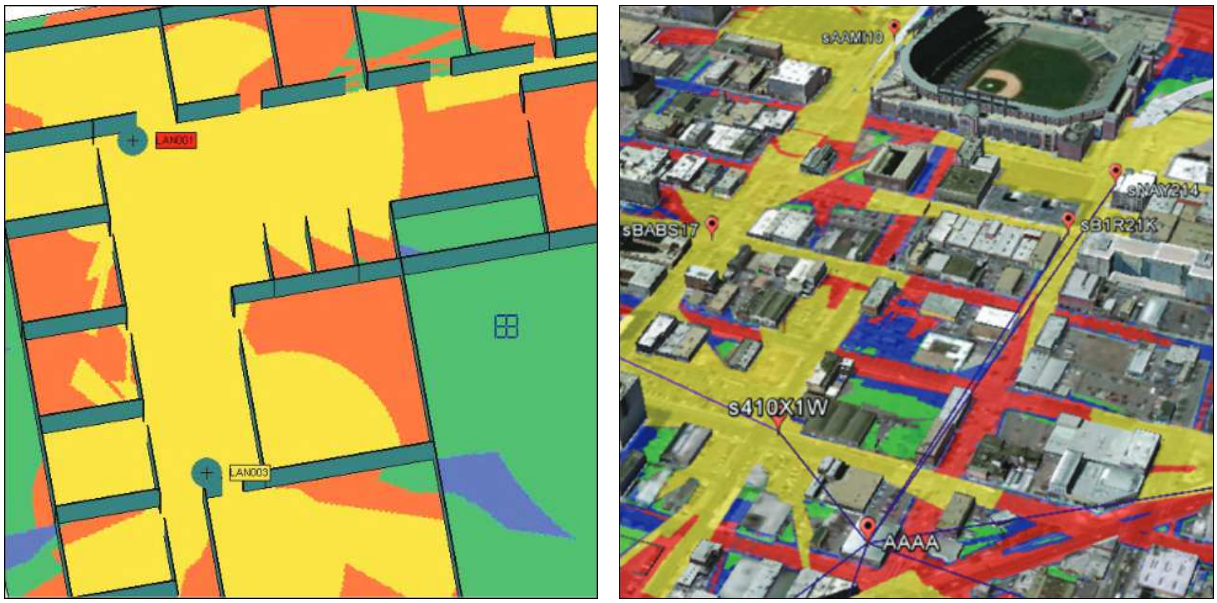
Více informací o softvérovém nástroji Volcano propagation model je možné nalézt na webových stránkách společnosti SIRADEL [3].

1.3 EDX SignalPro

Jedna z dalších společností, které vyvíjí softvérové nástroje pro analýzu šíření rádiových signálů je EDX Wireless, založená v roce 1985. Tato společnost již od svých počátků vyvíjí softvérové nástroje pro plánování, nasazení a optimalizaci bezdrátových systémů. Ty jsou používány při navrhování bezdrátových komunikačních sítí, včetně bezdrátových širokopásmových služeb, inteligentních sítí (SmartGrid) a mobilních technologií.

EDX SignalPro je hlavním softvérovým nástrojem této společnosti a jde o komplexní a plně vybavený softvérový nástroj, který nabízí všechny typy predikčních nástrojů potřebných pro navrhování bezdrátových sítí s podporou od 30 MHz do 100 GHz. Jde o komerční softvérový nástroj, který funguje na všech 64 bitových OS Windows. Společnost na vyžádání také poskytuje tento softvérový nástroj na 30 dní zdarma a společně s ním poskytuje ke každé bezdrátové technologii, kterou podporuje, jeden praktický projekt, na kterém lze vidět, jak s ní softvérový nástroj umí pracovat. Mezi hlavní vlastnosti tohoto softvérového nástroje patří:

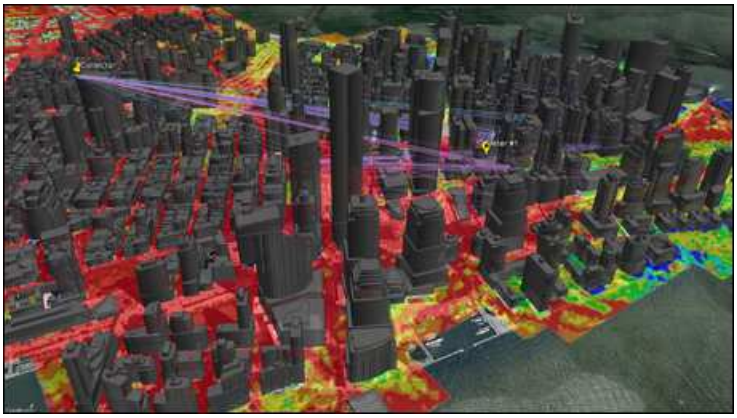
- Škálovatelnost a přizpůsobivost sítí všech velikostí.
- Robustní 3D modelování prostředí jako jsou města, budovy atd.
- Vizualizace vnitřních (obrázek 1.3 – levá část) i venkovních prostředí (obrázek 1.3 – pravá část).
- Přímá kompatibilita s aplikacemi 3. stran umožňující exportování a sdílení výsledků ze simulací.
- Analýzy Point-to-Point a Point-to-Multipoint.
- Měření a vizualizace jen určité předem definované trasy (Route study).



Obrázek 1.3: *Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí v EDX SignalPro [4]*

EDX SignalPro je rozšiřitelný pomocí sady modulů, které přidávají rozšířené funkce pro návrh a optimalizaci některých bezdrátových sítí a technologií. Jedná se o následující moduly:

- LTE Design Module – Modul pro navrhování, nasazení a optimalizaci technologie LTE.
- WiMAX Module – Modul pro navrhování, nasazení a optimalizaci technologie WiMAX.
- Mobile/Cellular Module – Modul pro navrhování, nasazení a optimalizaci celulárních rádiových sítí. To se týká například technologie UMTS.
- Mesh Network Module – Modul pro navrhování, nasazení a optimalizaci sítí typu Mesh.
- DAS Design Module – Modul pro navrhování, nasazení a optimalizaci sítí typu DAS.
- X3D Ray Tracing Module – Modul pro velmi věrohodnou predikci EM signálu v komplexním prostředí (obrázek 1.4).
- Advanced Propagation Module – Modul, který nabízí velmi přesné nástroje například pro výpočet útlumu nebo rozptylu signálu v závislosti na čase.



Obrázek 1.4: *Ukázka šíření EM signálu v komplexním prostředí v X3D Ray Tracing modulu [5]*

Více informací o softvérovém nástroji EDX SignalPro je možné nalézt na webových stránkách společnosti EDX Wireless [4].

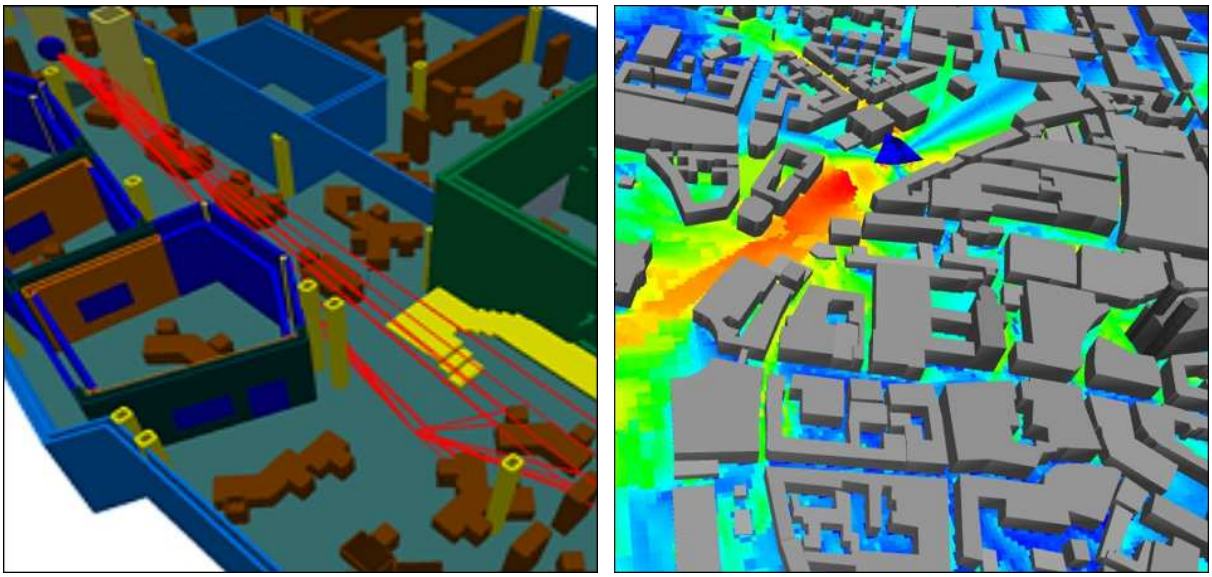
1.4 WinProp – Propagation Modeling Tools

Za touto sadou softvérových nástrojů stojí společnost Altair, která byla založena v roce 1985. Jejím hlavním cílem je vývoj softvérových nástrojů využívajících moderních simulačních technologií. Po celém světě má tato společnost více jak 5000 firemních klientů v různých odvětvích průmyslu

WinProp Propagation Modeling Tools je sada softvérových nástrojů pro návrh bezdrátových sítí a analýzy šíření EM vln. Tak jak bylo uvedeno u všech předchozích softvérových nástrojů, i tato sada softvérových nástrojů funguje na všech 64 bitových OS Windows a je komerčního charakteru. Společnost také poskytuje po dobrém odůvodnění tuto sadu softvérových nástrojů na 30 dní zdarma. Za zmínku stojí určitě i to, že společnost vyvíjející tuto sadu má pobočku i v Praze a komunikace je proto možná i v češtině. Tato sada se skládá konkrétně z 6 softvérových nástrojů:

- ProMan – Nejdůležitější nástroj softvérové sady WinProp, který se používá pro předpověď šíření EM vln jak ve vnitřních (obrázek 1.5 – levá část), tak ve venkovních prostředích (obrázek 1.5 – pravá část). Tento nástroj se používá také pro navrhování a optimalizaci bezdrátových sítí.
- Coan – Nástroj pro zjišťování spolehlivosti a konektivity v bezdrátových sítích typu *mesh* a senzorů.
- WallMan – Grafický editor pro návrh měst, vícepodlažních budov, jejich kombinací apod.

- TuMan – Speciální grafický editor pro návrh tunelů a stadiónů.
- AMan – Grafický editor pro návrh antén.
- CompoMan – Editor pro komponenty používané v bezdrátových sítích uvnitř budov.



Obrázek 1.5: *Ukázka šíření EM signálu ve vnitřním a venkovním prostředí v softvérovém nástroji ProMan [6]*

Více informací o sadě softvérových nástrojů WinProp – Propagation Modeling Tools je možné nalézt na webových stránkách společnosti Altair [6].

1.5 Srovnání softvérových nástrojů

Srovnat tyto 4 softvérové nástroje nebylo úplně jednoduché. Každý z těchto softvérových nástrojů lze považovat za velmi mocný nástroj pro analýzu šíření EM vln a pro plánování bezdrátových sítí a každý z nich poskytuje uživatelům příjemné grafické uživatelské rozhraní. Přesto jsem se pokusil o srovnání těchto softvérových nástrojů v několika oblastech, a to formou tabulek. Jedná se o srovnání obecných informací (tabulka 1.1), doporučených hardwarových požadavků (tabulka 1.2) a podpory bezdrátových technologií a sítí (tabulka 1.3).

Tabulka 1.1: *Obecné informace*

	Wireless InSite	Volcano propagation model	EDX SignalPro	WinProp - Propagation Modeling Tools
Společnost	Remcom	SIRADEL	EDX Wireless	Altair
Vznik společnosti	1994	1994	1985	1985
Hlavní jazyk	Angličtina	Angličtina	Angličtina	Angličtina
Podpora OS Windows	Všechny 64 bitové verze	Všechny 64 bitové verze	Všechny 64 bitové verze	Všechny 64 bitové verze
Podpora OS Linux	Linux 6 a vyšší (64 bitové) verze	?	Ne	Ne
Zkušební verze	Ano (30 dní)	?	Ano (30 dní)	Ano (30 dní)
Diskusní fórum	Ne	Ne	Ne	Ano

? - Nebylo možné zjistit tento údaj ani po kontaktování společnosti

Tabulka 1.2: *Doporučené hardwarové požadavky*

	Wireless InSite	Volcano propagation model	EDX® SignalPro®	WinProp - Propagation Modeling Tools
CPU	Intel i7 a vyšší	?	Intel i5 nebo i7	?
RAM	16 GB	?	8 GB	16 GB
GPU	NVIDIA Tesla (např. Tesla C2075)	?	Softvérový nástroj nedokáže využít GPU	Softvérový nástroj nedokáže využít GPU
GPU RAM	6 GB	?		
HDD	1 TB	?	250 GB	2,5 GB

? - Nebylo možné zjistit tento údaj ani po kontaktování společnosti

Tabulka 1.3: *Podpora bezdrátových technologií a sítí*

Bezdrátové technologie a sítě	Wireless InSite	Volcano propagation model	EDX® SignalPro®	WinProp - Propagation Modeling Tools
2G – GSM	•	•	•	•
3G – UMTS	•	•	•	•
4G – LTE	•	•	•	•
5G	•			•
WiFi	•	•	•	•
WiMAX	•	•	•	•
DVB		•	•	•
LPWAN (IoT)			•	•
Mesh sítě		?	•	•
DAS sítě		?	•	•
Další		LoRa		PMR, TETRA, LoRa, WirelessHART

? - Nebylo možné zjistit tento údaj ani po kontaktování společnosti

• - Podpora bezdrátové technologie nebo sítě

2 Prostředí softvérového nástroje Wireless InSite Pro

Softvérový nástroj Wireless InSite Pro se skládá z celkem 6 oken. Zde je uveden jejich výčet a značení (v závorce je uveden jejich anglický originální název):

1. Hlavní okno (*Main Window*)
2. Zobrazení projektu *(Project View)*
3. Hierarchie projektu *(Project Hierarchy)*
4. Zobrazení části projektu *(Selection View)*
5. Zpráva o výsledku *(Calculation Log)*
6. Multimediální přehrávač *(Movie Player).*

Pro efektivní používání softvérového nástroje Wireless InSite Pro, je důležité pochopit a seznámit se s tím, k čemu daná okna slouží. V této kapitole je proto na základě informací z referenčního manuálu [7] a tutoriálu [8] výrobce popsán účel všech oken tohoto softvérového nástroje. Také je zde popsáno, jak tyto okna používat, jaké obsahují možnosti a funkce pro práci s projektem. V Hlavním okně jsou také krátce popsány všechny komponenty, které jsou potřebné k realizaci projektu. Zde je uveden výčet a značení těchto komponent (v závorce je uveden jejich anglický originální název):

1. Prostředí (*Features*)
2. Obrázky *(Images)*
3. Studijní oblasti *(Study areas)*
4. Vysílací sady *(Transmitters)*
5. Přijímací sady *(Receivers)*
6. Komunikační systémy *(Communication systems)*
7. Materiály *(Materials)*
8. Antény (*Antennas*)
9. Charaktery elektromagnetických (EM) vln *(Waveforms)*

V Hlavním okně jsou k dispozici také záložky, které se týkají výsledků simulací. Zde je uveden jejich výčet a značení (v závorce je uveden jejich anglický originální název):

1. Požadovaná výstupní data (*Requested output*)
2. Výstupní data *(Output)*
3. Výstupní filtry *(Output filters)*

Všechny obrázky, stejně tak jako popis možností, funkcí a nastavení oken se v této práci týkají softvérového nástroje Wireless InSite Pro (Profesional version), ve verzi 2.8.1.13. V jiných verzích může být rozvržení oken jiné.

Poznámka: Softvérový nástroj Wireless InSite je k dispozici celkem ve třech verzích:

1. *Standard version*
2. *Professional version*
3. *MIMO version*

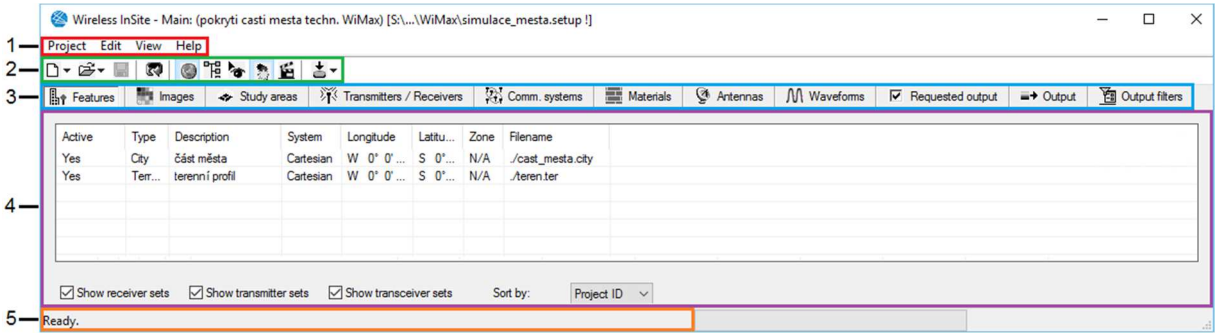
Tyto verze se liší rozdílným počtem modelů šíření, které se používají pro výpočty a následně simulaci šíření EM signálu od vysílače k přijímači. V příloze A.1 na DVD lze shlédnout tabulku, která ukazuje, které modely šíření jednotlivé verze softvérového nástroje Wireless InSite obsahují.

2.1 Hlavní okno

Prvním ze šesti oken softvérového nástroje Wireless Insite Pro je Hlavní okno (obrázek 2.1). To se jako jediné ze všech oken vždy spustí po spuštění tohoto softvérové nástroje. Ostatní okna se můžou a nemusí spustit. Záleží na tom, jestli byly při posledním ukončení softvérového nástroje vypnuty před nebo po ukončení Hlavního okna. Po spuštění softvérového nástroje je Hlavní okno nazváno: „Wireless InSite – Main: (Untitled Project)". Jakmile je načten nebo vytvořen nový projekt, název se změní na název projektu. Uzavřením tohoto okna se ukončí celý softvérový nástroj se všemi ostatními okny. Ostatní okna lze zavírat nezávisle na sobě, tedy tak, aniž by to nějak ovlivnilo ostatní okna.

Hlavní okno lze rozdělit na 5 části:

1. Horní menu
2. Panel nástrojů
3. Panel záložek
4. Místo pro zobrazení:
   a. Konkrétních komponent projektu
   b. Zobrazení obsahu záložek, které se týkají výstupních dat
5. Stavový řádek



Obrázek 2.1: *Hlavní okno*

2.1.1 Horní menu

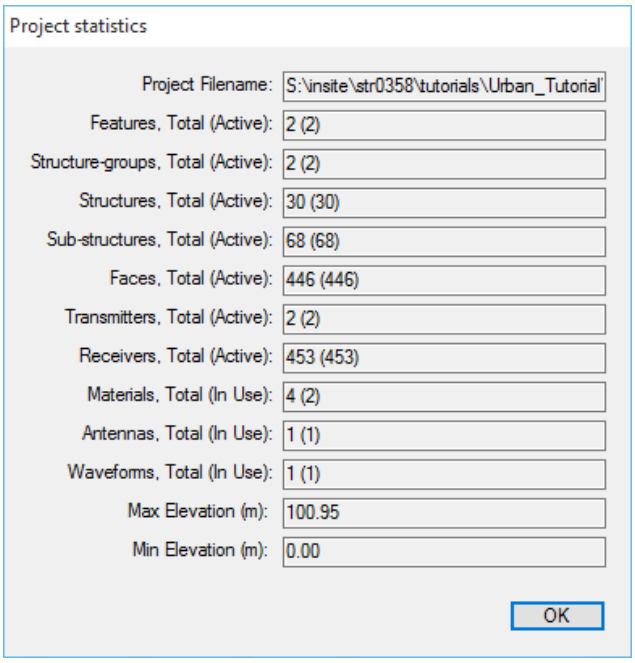
První části Hlavního okna je **horní menu**. To se skládá z položek, které poskytují základní funkce pro práci v softvérovém nástroji Wireless InSite Pro:

- *Project*
- *Edit*
- *View*
- *Help*

Položka *Project* nabízí tyto funkce:

- *New* – Slouží pro vytvoření projektu, všech typů komponent a výstupních filtrů.
- *Open* – Slouží pro otevření projektu, všech typů prostředí a obrázků.
- *Import* – Slouží k importování některých komponent z externích souborů (například soubory typu COLLADA, DXF, KMZ, Shapefile a další).

- *Run* – Slouží pro spuštění celkové simulace, nebo k přidání či úpravě některých komponent a vlastností do simulace.
- *Save* – Slouží k uložení projektu.
- *Save as* – Slouží k uložení projektu v jiném formátu než v základním.
- *Save as (2.7 format)* – Slouží k uložení projektu ve formátu pro verzi 2.7.
- *Close* – Slouží k uzavření projektu.
- *Explore project directory* – Slouží k otevření složky, kde je uložen projekt.
- *Statistics* – Slouží k otevření dialogového okna *Statistika projektu (Project statistics)*, které poskytuje náhled na cestu k projektu, na hierarchické uspořádání projektu, na konkrétní komponenty v projektu a na nejmenší a nejvyšší nalezenou výšku v projektu. O hierarchickém uspořádání projektu se lze dočíst více v příloze A.2 na DVD.



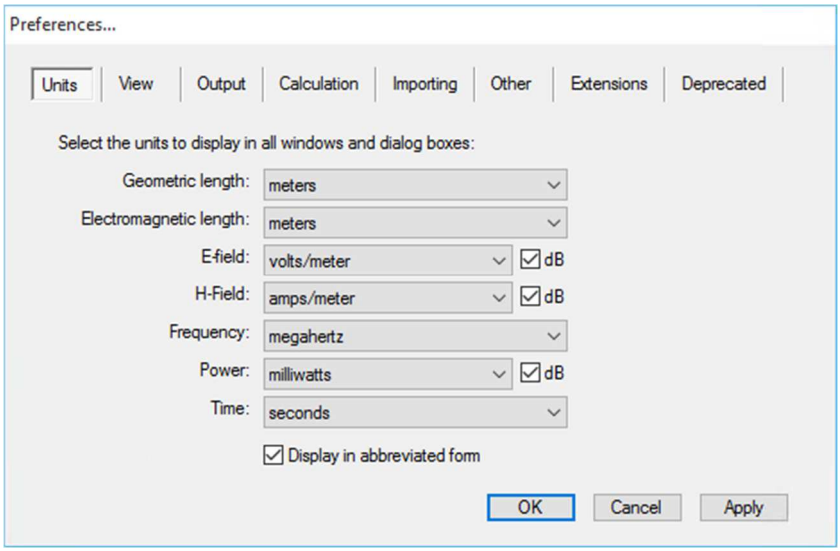
Obrázek 2.2: *Dialogové okno Statistika projektu*

- *Output properties* – Slouží k otevření dialogového okna *Vlastnosti výstupních dat v projektu (Project output properties)*, které slouží k nastavení některých vlastností výstupních dat. Například s jakou frekvencí se mají ukládat zpracovaná data do JPEG souboru pro zobrazení animace šíření EM vln nebo maximálně kolik cest při vícecestném šíření mezi vysílacím a přijímacím bodem se má zpracovávat.
- *Properties* – Slouží k otevření dialogového okna *Vlastnosti projektu (Project properties)*, které zobrazuje základní vlastnosti projektu, jako je jeho název nebo výchozí body souřadnicového systému.
- *Recents Projects* – Slouží k rozbalení seznamu posledních otevřených projektů.
- *Exit* – Ukončí Hlavní okno a tím i celý softvérový nástroj.

Položka *Edit* poskytuje tyto funkce:

- *Delete* – Slouží k smazání označené komponenty v projektu.
- *Duplicate* – Slouží k vytvoření kopie označené komponenty. S touto kopií pak lze pracovat a měnit ji nezávisle na originále.
- *Find* – Slouží k vyhledání komponenty v projektu podle jejího názvů.

- *Preferences* – Slouží k otevření dialogového okna *Nastavení (Preferences)*. To se týká například volby základních jednotek, vzhledu, výstupních dat, modelů šíření, defaultních cest pro soubory a dalších nastavení (obrázek 2.3).



Obrázek 2.3: *Dialogové okno Nastavení*

Položka *View* nabízí tyto funkce:

- *Project view* – Slouží k zapnutí/vypnutí okna Zobrazení projektu.
- *Project Hierarchy* – Slouží k zapnutí/vypnutí okna Hierarchie projektu.
- *Selection View* – Slouží k zapnutí/vypnutí okna Zobrazení části projektu.
- *Calculation log* – Slouží k zapnutí/vypnutí okna Zpráva o výsledku.
- *Movie Player* – Slouží k zapnutí/vypnutí okna Multimediální přehrávač.
- *Refresh all* – Slouží k znovunačtení všech oken softvérového nástroje.

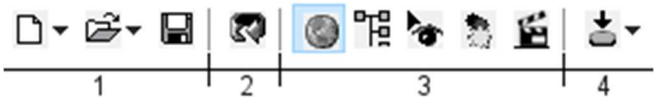
Položka *Help* nabízí tyto funkce:

- *Refresh all* – Slouží k znovunačtení všech oken softvérového nástroje.
- *Reference manual* – Otevře více jak 450 stránkový anglický referenční manuál o celém softvérovém nástroji a možnostech jeho nastavení, používání apod. Tento manuál je k dispozici v příloze A.10 na DVD.
- *User guide* – Otevře soubor s několika tutoriály. Soubor s těmito tutoriály je v příloze A.11 na DVD.
- *Change log* – Otevře soubor s novinkami a opravami chyb všech verzí softvérového nástroje Wireless InSite Pro.
- *New to this version…* – Otevře soubor s novinkami a opravami chyb aktuálně používané verze softvérového nástroje Wireless InSite Pro.
- *Choose license* – Slouží k zapnutí dialogového okna *Vybrání licence (Specify license)*, při spuštění softvérového nástroje Wireless InSite Pro.
- *About Wireless InSite* – Otevře dialogové okno *O Wireless InSite (About Wireless InSite)*, kde lze vidět logo softvérového nástroje a logo společnosti, dále o jakou verzi (grafickou a výpočetní) softvérového nástroje se jedná, kdy končí platnost licence (pokud je omezena) a kolik místa je k dispozici v operační paměti.

2.1.2 Panel nástrojů

Druhou části Hlavního okna je **panel nástrojů** (obrázek 2.4). Jedná se o panel rychlého přístupu k nejčastěji používaným funkcím. Tento panel obsahuje rychlý přístup k:

1. Vytvoření nového projektu nebo nových komponent projektu
   a. Načtení existujícího projektu nebo již existujících komponent projektu
   b. Uložení projektu
2. Znovunačtení všech oken softvérového nástroje
3. Zapnutí/vypnutí oken aplikace
4. Ke spuštění výpočtů a simulací



Obrázek 2.4: *Panel nástrojů Hlavního okna*

2.1.3 Panel záložek

Třetí části Hlavního okna je **panel záložek** (obrázek 2.5). Jakmile je projekt načten, panel záložek umožňuje uživateli rychle zobrazit konkrétní komponenty projektu a jejich popis a výstupní data projektu.

Obrázek 2.5: *Panel záložek Hlavního okna*

2.1.4 Místo pro zobrazení

Čtvrtou částí je **místo pro zobrazení**:

1. Konkrétních komponent projektu
2. Výstupních dat projektu

Konkrétní komponenty projektu a jejich popis

Jednotlivé komponenty projektu jsou rozděleny do 9 záložek. Každá záložka obsahuje tabulku, která obsahuje seznam všech obsažených komponent v projektu a jejich popis. Vytvářet tyto komponenty lze třemi způsoby:

1. Kliknutím levým tlačítkem myši v horním menu na *Project → New → Konkrétní komponenta*
2. Použít panel rychlého přístupu
3. Kliknutím pravým tlačítkem myši kdekoliv, do kterékoli tabulky komponenty. Tím se otevře kontextové menu. Poté je nutné zvolit, taktéž jako v prvním případě *Project → New → Konkrétní komponenta*

Popis záložek:

- Prostředí (*Features*) - Tato záložka zahrnuje informace o prostředích, ve kterých se bude EM vlna šířit. Ve Wireless InSite Pro existuje 5 různých prostředí a to: Město, terén, vegetace, podlažní plán a objekt.
- Obrázky *(Images)* - Tato záložka obsahuje seznam všech obrázku s příponou .tiff, patřících do projektu. Obrázky slouží hlavně ke zvýšení přesnosti při umísťování různých komponent do projektu, typicky to bývají vysílací nebo přijímací sady. Může se jednat například o letecké nebo satelitní snímky.
- Studijní oblasti *(Study areas)* - Tato záložka obsahuje všechny studijní oblasti obsažené v projektu. Studijní oblasti jsou používány pro:

  1. Výběr konkrétního místa, které má být simulováno. Toto místo vymezuje prostor, kde maximálně se budou moci šířit EM vlny vyzářené z navržené vysílací sady. To šetří čas, který je potřebný pro výpočet simulace, pokud chce uživatel simulovat jenom část testovaného prostředí (například jen část města).

  2. Výběr modelu šíření, který bude použit pro simulaci. Pokud je nutné pro simulaci použít více modelů šíření najednou nebo použít stejný model šíření, ale s jinými parametry (např. jiný počet ohybů, odrazů EM vlny atd.), uživatel může vytvořit tolik studijních oblastí, kolik je zrovna potřeba. Lze to udělat vytvořením nové studijní oblasti anebo použitím možnosti: Duplikovat (Duplicate), v kontextovém menu. Tato možnost vytvoří kopii již hotové studijní oblasti, kde lze poté provést změny těch parametrů, které jsou potřeba upravit.

- Vysílací/ Přijímací sady *(Transmitters/Receivers)* – Tato záložka poskytuje informace o všech vysílacích i přijímacích sadách v projektu. Vysílací sady jsou používaný typicky jako zdroj EM signálu a přijímací sady jsou používány typicky pro příjem EM signálu.
- Komunikační systémy *(Communication systems)* - Tato záložka poskytuje přehled o všech komunikačních systémech v projektu. Komunikační systém slouží pro zjištění propustnosti v komunikačním prostředí, které je mezi konkrétními vysílacími a přijímacími sadami.
- Materiály *(Materials)* – Tato záložka obsahuje seznam všech materiálu použitých v projektu a informace o nich. Každé prostředí musí být definováno specifickými materiály, které zase mají specifické vlastnosti.
- Antény (*Antennas*) – Tato záložka obsahuje seznam všech antén obsažených v projektu a informace o nich. Antény se aplikují na vysílací nebo příjímací sady.
- Charaktery elektromagnetických (EM) vln *(Waveforms)* – Tato záložka obsahuje seznam všech charakterů EM vln. Jde o specifické signály s konkrétními vlastnostmi vyzařované z vysílacích sad.

Více informací o těchto komponentách, které jsou zapotřebí k realizaci projektu, lze najít v příloze A.2 na DVD.

Výstupní data projektu

Pokud byla spuštěna a dokončena simulace, výstupní data jsou pak k dispozici v záložce Výstupní data *(Output)*. To, jaká výstupní data jsou požadována po proběhnutí simulace, lze nastavit v záložce Požadovaná výstupní data *(Requested output)*. Poslední záložka je nazvána Výstupní filtry *(Output filters)*. Tato záložka obsahuje uživatelem vytvořené filtry pro vícecestné šíření EM vlny. Pomocí těchto filtrů lze nastavit, které cesty EM šíření půjdou vidět na výstupu. Filtrem může být například určení minimální výkonové úrovně, která musí být detekována na přijímači anebo čas příchodu EM vlny k přijímači.

V závislosti na velikosti Hlavního okna, některé záložky na pravé straně v panelu záložek, nemusí být viditelné. Je-li tomu tak, napravo od poslední záložky, lze vidět dvě šipky . Tyto šipky mohou být použity pro posun záložek doprava a doleva. Obvykle je však možné změnit velikost Hlavního okna tak, aby všechny záložky byly viditelné. U všech oken ve Wireless InSite Pro lze změnit velikost a nové velikosti budou uloženy a použity při znovunačtení tohoto softvérového nástroje.

2.1.5 Stavový řádek

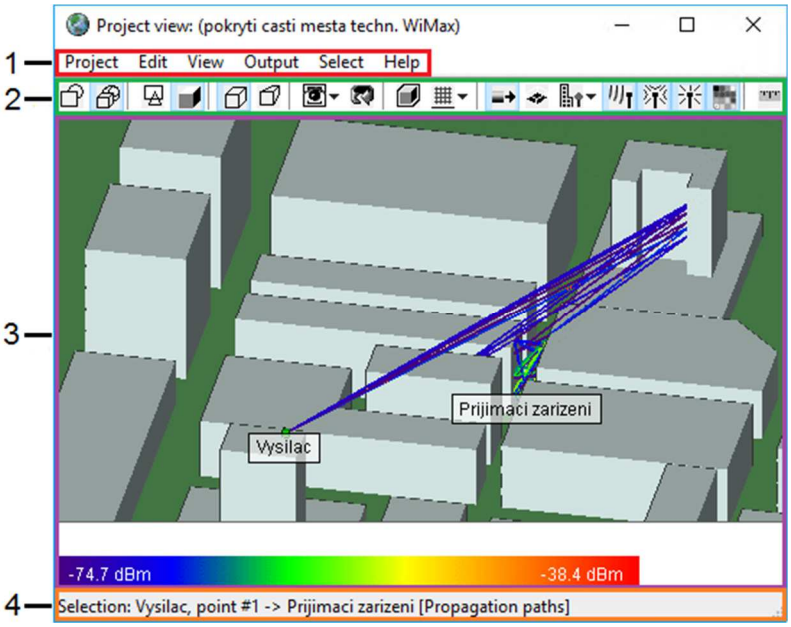
Stavový řádek informuje uživatele o tom, v jakém stavu je právě projekt (jestli je připraven pro simulaci a výpočty a čeká se na uživatele, jestli už se výpočty provádí atd.) anebo jaká komponenta je momentálně označena.

2.2 Zobrazení projektu

Hlavním účelem tohoto okna je vykreslení všech aktuálně načtených a viditelných komponent projektu. Jedná se například o vykreslení prostředí, obrázků, vysílacích a přijímacích sad. Po dokončení simulace je zde možné také vidět například přijímací výkonovou úroveň, přenosovou rychlost, vícecestné šíření EM vlny, animaci šíření EM vln (Tuto animaci lze poté ovládat přes Multimediální přehrávač. Na obrázku 2.6 lze vidět okno Zobrazení projektu.

Okno Zobrazení projektu lze rozdělit na tyto 4 části:

1. Horní menu
2. Panel Přepínačů
3. Místo pro grafické zobrazení projektu
4. Stavový řádek



Obrázek 2.6: *Okno Zobrazení projektu – vícecestné šířené EM vlny*

2.2.1 Horní menu

Toto okno lze rozdělit na čtyři části. První části je **horní menu**. To se skládá z položek:

- *Project*
- *Edit*
- *View*
- *Output*
- *Select*
- *Help*

Jelikož položky *Project*, *Edit* a *Help* jsou stejné jako v Hlavním okně, tyto položky zde popsány již znovu nebudou.

První novou položkou je *View*. Tato položka, ačkoliv se jmenuje stejně jako ta v Hlavním okně, má odlišnou nabídku funkcí. Obsahuje funkce, které souvisí s náhledem různých části projektu. Některé tyto funkce jsou přístupné z panelu přepínačů, který je hned pod horním menu. Z toho důvodu zde budou uvedeny jen ty funkce, které v panelu přepínačů nelze najít:

- *Import* – Slouží k načtení náhledu projektu ze souboru.
- *Save* – Slouží k uložení aktuálního náhledu projektu.
- *Save as Tiff* – Slouží k exportování náhledu projektu do souboru s příponou *.tiff.
- *Save as Jpeg* – Slouží k exportování náhledu projektu do souboru s příponou *.jpeg.
- *Face normals* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení normálových vektorů polygonů, z kterých jsou vytvořeny prostředí. Zelená šipka je vnější ukazatel normály a červená šipka je vnitřní ukazatel normály.
- *Descriptions* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení krátkých popisků pro všechny aktivní vysílací a přijímací sady v projektu.
- *Legends* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení seznamu materiálu, které jsou použity v prostředích v projektu. Každý materiál je vyznačen jinou barvou.
- *Z-Scaling* – Změní měřítko svislé osy v grafické oblasti.

Další položkou je *Output*, která umožňuje zobrazení výstupních dat, například v podobě animace šíření EM vln v konkrétním prostředí. Lze odtud také řešit, co se má stát s výstupními daty v paměti:

- *Z-Scaling* – Slouží ke změně měřítka svislé osy v grafické oblasti.
- *View* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení výstupních dat v grafické oblasti.
- *Clear all output (no render)* – Slouží pouze k vypnutí zobrazení výstupních dat.
- *Flush output (unload)* – Slouží k vymazání výstupních dat, která jsou aktuálně uložena v paměti.
- *Reload output* – Slouží k nahrazení aktuálně načtených výstupních data (novými) daty v datových souborech.

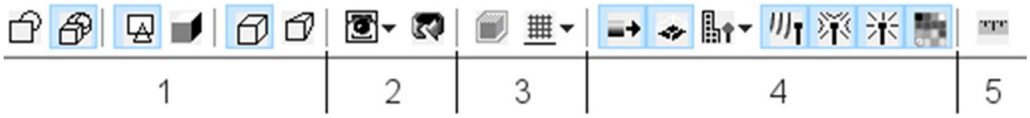
Poslední položkou je *Select*. Ta umožňuje výběr konkrétního prostředí, konkrétní úrovně hierarchického uspořádání, vysílací sady a přijímací sady. Pro výběr je nutné kliknout v horním menu na *Select* a následně vybrat položky, které mají být vybrány. Jestliže je potřeba vybrat více položek najednou, je nutné držet klávesu *Ctrl* a kliknout na všechny položky, které mají být do výběru přidány. Pokud je potřeba některou z vybraných položek odstranit, je nutné podržet klávesu *Shift* a kliknout na ní. Pokud je potřeba vymazat všechny vybrané položky, potom je zde funkce *Clear*. Po kliknutí na ní, se smaže celý výběr zvolených objektů.

- *Z-Scaling* – Slouží ke změně měřítka svislé osy v grafické oblasti.
- *Clear* – Slouží k vymazání všech aktuálních výběrů.
- *Receiver* – Slouží k nastavení typu výběru na přijímací sadu. Zobrazí podmenu, které umožňuje výběr celé přijímací sady nebo jednotlivých přijímacích bodů této sady.
- *Transmitter* – Slouží k nastavení typu výběru na vysílací sadu. Zobrazí podmenu, které umožňuje výběr celé vysílací sady nebo jednotlivých vysílacích bodů této sady.
- *Transmitter/Receiver Pair* – Slouží k výběru vysílacího/přijímacího páru. Tato volba se používá tehdy, pokud je potřeba zobrazit šíření EM záření mezi vysílací a přijímací sadou.

- *Feature, Structure-group, Structure, Sub-structure, and Face* – Slouží k nastavení typu výběru na jednotlivou úroveň hierarchického uspořádání.

2.2.2 Panel přepínačů

Panel přepínačů (obrázek 2.7) lze najít pod horním menu. Slouží k rychlému přístupu některých funkcí pro manipulaci s náhledem projektu.



Obrázek 2.7: *Panel přepínačů okna Zobrazení projektu*

Tento panel lze rozdělit na tyto položky:

1. Režimy zobrazení

Na panelu přepínačů lze najít celkem 6 přepínačů, kterými lze zvolit režim zobrazení. Jedná se o tyto režimy:

- *Wireframe,* ve 2D nebo 3D módu.
- *Solid Body*, ve 2D nebo 3D módu.
- *Ortographic*, ve 3D módu.
- *Perspective*, ve 3D módu.

Popisovat tyto režimy slovně by bylo velmi složité, proto v této části jejich popis není uveden. Ve všech těchto režimech funguje otáčení, posouvání a přibližování/oddalování.

2. Nastavení úhlu pohledu a znovunačtení:

- *Reset viewing transformations* – Slouží k nastavení úhlů pohledu. Například na pohled z hora, z boku apod.
- *Refresh* – Slouží k znovunačtení celého náhledu projektu.

3. Drátěný model a referenční mřížka:

- *Highlights* – Slouží k zapnutí/vypnutí drátěného modelu. Tento model ukazuje polygony 3D objektů a je proto přístupný jen v režimu *Solid Body*.
- *Grid* – Slouží k zapnutí/vypnutí referenční mřížky v rovině XY. V dialogovém okně vlastnosti referenční mřížky *(Grid Properties)* lze nastavit zapnutí/vypnutí mřížky a zvolit, zda mezery budou ve stupních v desítkové soustavě *(decimal degrees)* nebo budou ve stupních, minutách a sekundách (*decimal, minutes, seconds*).

4. Vykreslování různých části projektu:

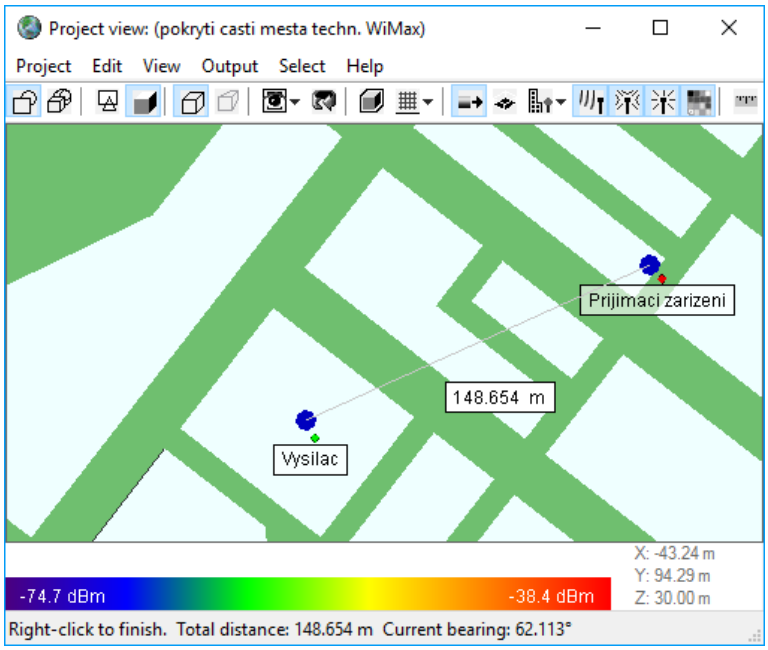
- *Drawing output* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení výstupních dat.
- *Study Area* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení ohraničení studijních oblastí.
- *Features* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení všech prostředí.
- *Transmitters* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení všech vysílacích sad.

- *Receivers* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení všech přijímacích sad.
- *Images* – Slouží k zapnutí/vypnutí zobrazení všech obrázku.

5. Pravítko:

- *Measure Dinstances* – Slouží k zapnutí/vypnutí měření vzdálenosti.

Pravítko je nástroj, který se používá k měření vzdáleností (obrázek 2.8). Jakmile je pravítko aktivováno, kliknutím levým tlačítkem myši v okně Zobrazení projektu, lze umístit referenční body. Vzdálenost mezi těmito body se vypíše na střed přímky, která tyto body spojuje. Kliknutím kdekoliv pravým tlačítkem myši se nástroj pravítko vypne.



Obrázek 2.8: *Ukázka nástroje Pravítko*

2.2.3 Místo pro zobrazení

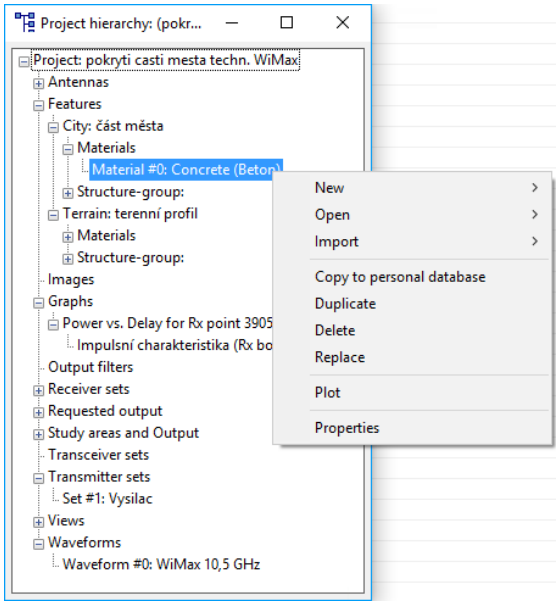
Třetí částí je **místo pro grafické zobrazení** náhledu projektu – jeho konkrétních komponent anebo výstupních dat projektu (např. zobrazení výkonové úrovně). Dole vpravo lze vidět také souřadnicový systém.

2.2.4 Stavový řádek

Stavový řádek v tomto okně má úplně totožnou funkci jako stavový řádek v Hlavním okně. Proto zde jeho popis není uveden.

2.3 Hierarchie projektu

Okno Hierarchie projektu poskytuje velmi dobrý přístup ke všem komponentám projektu a jejich částem, ze kterých jsou složeny. Jedná se o hierarchickou strukturu projektu. Toto okno lze vyvolat z Hlavního okna kliknutím na položku *View → Project Hierarchy,* v horním menu. Toto okno lze vidět na obrázku 2.9.



Obrázek 2.9: *Okno Hierarchie projektu*

Každou úroveň v hierarchii projektu lze rozdělit do dalších dílčích úrovní, až k těm základním. Pokud není k dispozici další úroveň, jde o základní úroveň. Vlastnosti a možnosti úprav pro většinu položek, které lze vidět v tomto okně, jsou k dispozici v jejich kontextových nabídkách. Toto okno je taky velice užitečné pro prohlížení a vyhodnocování výstupních dat.

Popis jednotlivých položek hierarchického okna:

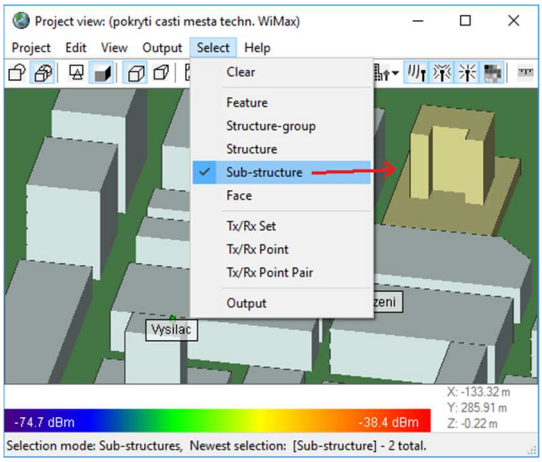
- *Antennas* – Zobrazí všechny antény obsažené v projektu.
- *Features* – Zobrazí všechna prostředí v projektu. Ke každému prostředí je přiřazen seznam použitých materiálu v daném prostředí. Tato položka obsahuje taky hierarchické uspořádání prostředí.
- *Images* – Zobrazí všechny obrázky v projektu.
- *Graphs* – Zobrazí všechny grafy v projektu.
- *Output Filters* – Zobrazí všechny výstupní filtry vícecestného šíření v projektu.
- *Receiver sets* – Zobrazí všechny přijímací sady v projektu.
- *Requested Output* – Zobrazí všechna požadována výstupní data. Použité požadované výstupy v projektu jsou označeny tučným písmem.
- *Study Areas and Output* – Zobrazí všechny studijní oblasti v projektu. Ke každé oblasti je pak připojen seznam výstupních dat.
- *Transmitter sets* – Zobrazí všechny vysílací sady v projektu.

- *Views* – Zobrazí všechna dostupná zobrazení projektu. Po vybrání konkrétního zobrazení se toto zobrazení načte přesně tak, jak bylo uloženo. Pro úpravu, přejmenování nebo odstranění vybraného zobrazení je zapotřebí použít kontextové menu.
- *Waveforms* – Zobrazí všechny charaktery EM vln.

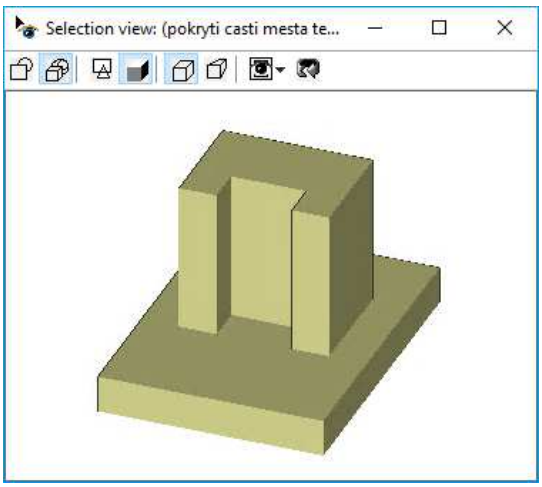
Někdy může být výhodné zapnout si spolu s tímto oknem také okno Zobrazení části projektu, ve kterém se budou zobrazovat konkrétní označené položky nebo jednotlivé části hierarchického uspořádání.

2.4 Zobrazení části projektu

Účel okna Zobrazení části projektu je velmi jednoduchý a prostý. Zobrazit samostatně aktuálně vybrané komponenty projektu z okna Zobrazení projektu. Aby bylo možné tohoto zobrazení dosáhnout, nejdříve je nutné v okně Zobrazení projektu označit všechny položky, které mají být zobrazeny (obrázek 2.10). Pak je potřeba v Hlavním okně v horním menu kliknout na *View* → *Selection View*. Na obrázku 2.11 a lze vidět výsledek. Panel nástrojů okna Zobrazení části projektu obsahuje pouze nástroje pro zobrazení vybraných části projektu.



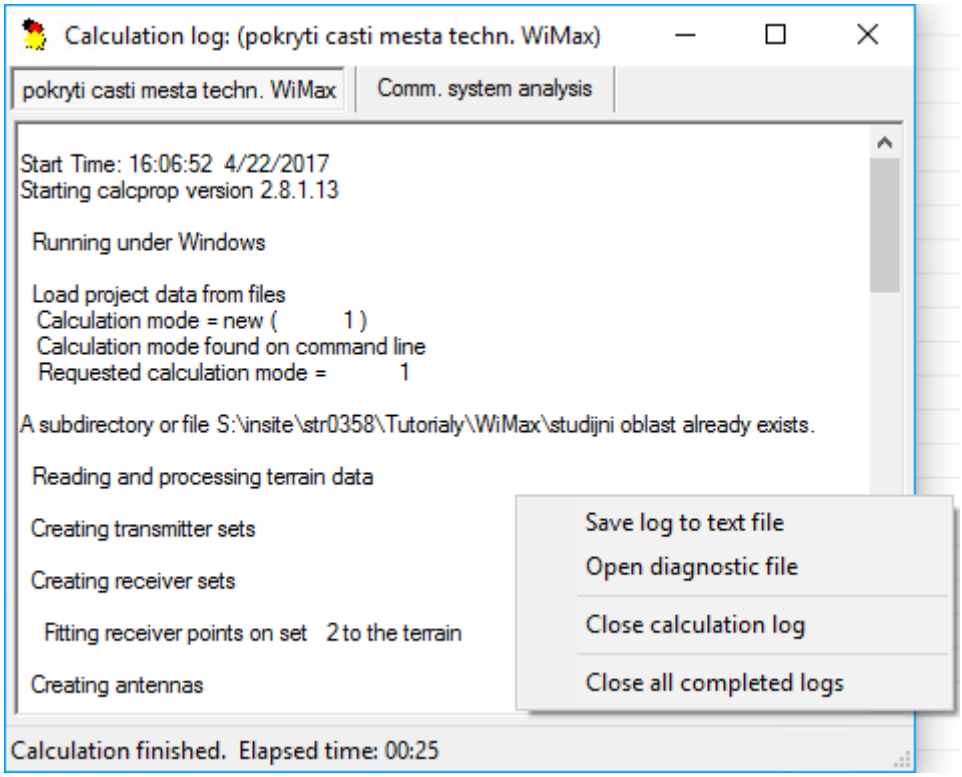
Obrázek 2.10: *Výběr konkrétní budovy v okně Zobrazení projektu*



Obrázek 2.11: *Zobrazení konkrétní budovy v okně Zobrazení části projektu*

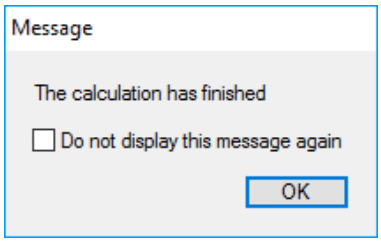
2.5 Zpráva o výsledku

Okno Zpráva o výsledku nejdříve zaznamenává všechny informace získané při vytváření všech nedílných části projektu (obrázek 2.12). Dále pak zaznamenává všechny informace související s konkrétními výpočty. K těmto informacím o výpočtech je poskytnut vždy stav výpočtu v procentech a čas, jak dlouho daná část výpočtu trvala. Na konci tohoto okna jsou poté vygenerovány informace o tom, jak moc konkrétní části výpočtu proběhly v pořádku (také v procentech) a kde naopak nastaly chyby. Celá tato zpráva o výsledcích může být buď vymazána anebo uložena do textového souboru. Tato možnost je k dispozici kliknutím pravého tlačítka myši, kdekoliv přímo v tomto okně, což lze také vidět na obrázku 2.12. Po zavření tohoto okna bez uložení dojde ke ztrátě všech informací, vygenerovaných tímto oknem.



Obrázek 2.12: *Okno Zpráva o výsledku*

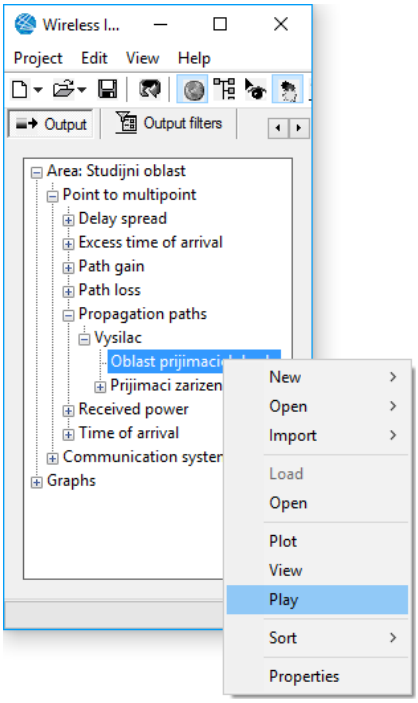
Vždy po dokončení simulace se vyvolá dialogové okno *Message*, které uživatele informuje o tom, že simulace byla dokončena. Toto dialogové okno lze vidět na obrázku 2.13



Obrázek 2.13: *Dialogové okno Zpráva*

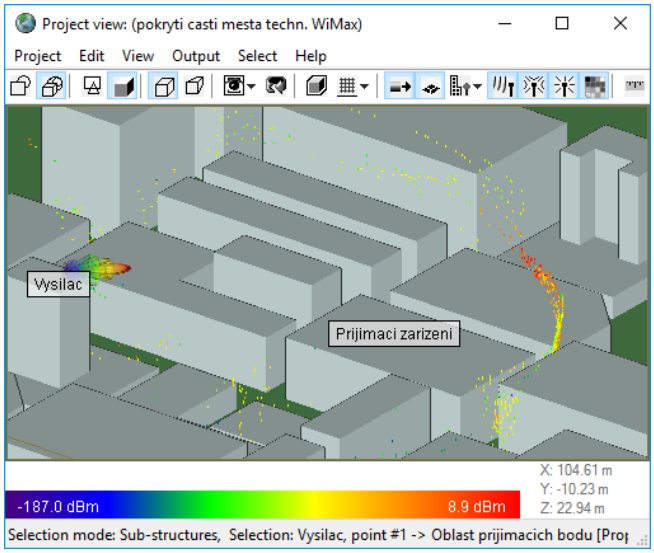
2.6 Multimediální přehrávač

Okno Multimediální přehrávač slouží k přehrání animací některých nasimulovaných výsledků. Animovat lze elektrické pole a šíření EM vln v prostředí. Pokud jsou k dispozici potřebné výsledky, lze animaci spustit buďto přes záložku Výstupní data (*Output),* kterou lze najít na panelu záložek v Hlavním okně (obrázek 2.14) anebo přes okno Hierarchie projektu.



Obrázek 2.14: *Spuštění animace přes záložku Výstupní data, v Hlavním okně*

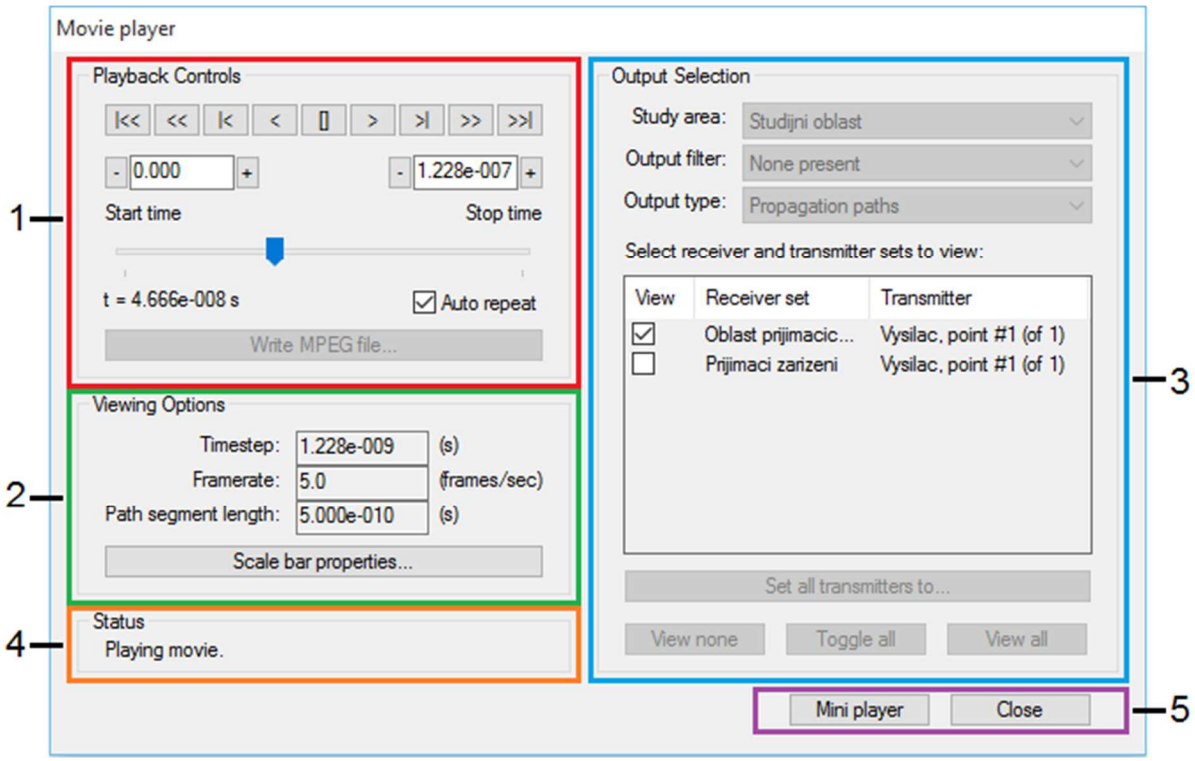
Na obrázku 2.15 lze vidět jeden snímek z animace šíření EM vln ve venkovním prostředí v okně Zobrazení projektu.



Obrázek 2.15: *Animace šíření EM vln ve venkovním prostředí v okně Zobrazení projektu*

Multimediální přehrávač (obrázek 2.16) lze rozdělit na těchto 5 části:

1. Část pro přehrávání animace
2. Část pro nastavení zobrazení animace
3. Část pro výběr výstupních dat
4. Stavový řádek
5. Tlačítka *Mini player* a *Close*



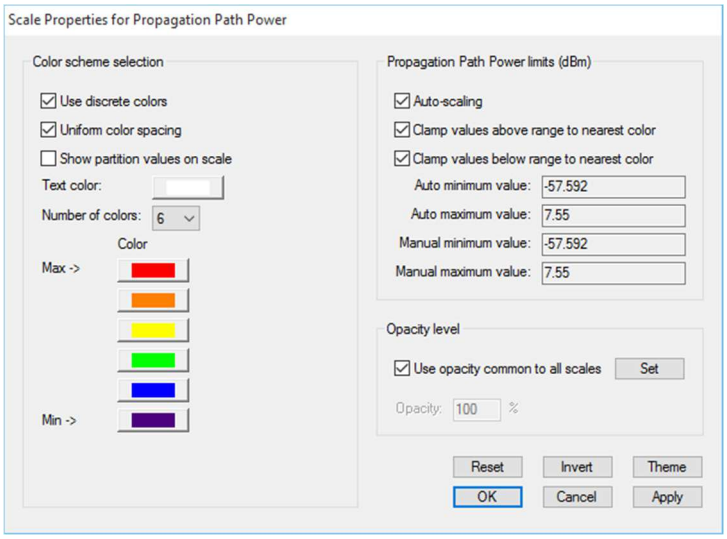
Obrázek 2.16: *Okno Multimediální přehrávač*

2.6.1 Část pro přehrávání animace

První části je **část pro přehrávání animace** *(Playback Controls)*. Tato část obsahuje tlačítka pro přehrávání animace (skok dopředu, skok dozadu, rychlost přehrávání, pauza atd.), tlačítka pro nastavení časového úseku animace, časovou osu, indikátor času, zaškrtávací tlačítko pro automatické znovu přehrání animace a tlačítko pro zápis animace do souboru ve formátu MPEG.

2.6.2 Část pro nastavení zobrazení animace

Druhou části je **část pro nastavení zobrazení animace** *(Viewing Options)*. Zde lze například určit rychlost načítání požadovaných dat z výstupního souboru, z kterých vznikají snímky a nastavit počet zobrazených snímku za sekundu. Ve většině případů je dobré ponechat stávající nastavení tak, jak je. Přehrávač vyhodnocuje a nastavuje všechny potřebné hodnoty sám a velice přesně. V této části lze najít také tlačítko *Scale bar properties*, kterým lze otevřít dialogové okno pro nastavení zobrazení síly šířeného signálu (EM vln). Lze tam nadefinovat například škálu barev, která bude zobrazovat sílu signálu nebo dolní a horní mez zobrazované síly signálu. Toto okno lze vidět na obrázku 2.17



Obrázek 2.17: *Dialogové okno Nastavení zobrazení síly signálu*

2.6.3 Část pro výběr výstupních dat

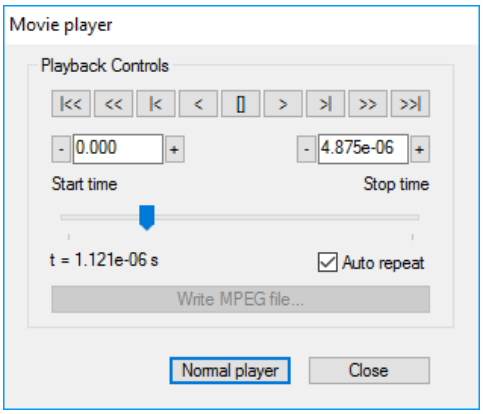
Část pro výběr výstupních dat *(Output selection)* slouží k výběru studijní oblasti, která obsahuje výstupní data. Dále slouží k výběru výstupních filtrů a typu výstupních dat, která se mají animovat. Potřeba je také zvolit vysílací/přijímací páry, kterých se bude animace týkat.

2.6.4 Stavový řádek

Stavový řádek *(Status)* indikuje 2 stavy, ve kterém se Multimediální přehrávač může nacházet. Jde o stavy: přehrávač jede a přehrávač je zastavený.

2.6.5 Tlačítka Mini player a Close

Tlačítko *Mini player* přepne Multimediální přehrávač do odlehčené verze, která poskytuje jen ty nejdůležitější funkce pro přehrávání animace (obrázek 2.17). **Tlačítko *Close*** slouží k zavření Multimediálního přehrávače.



Obrázek 2.18: *Odlehčená verze okna Multimediální přehrávač*

3 Praktické příklady využití softvérového nástroje Wireless InSite Pro

Tato kapitola obsahuje textové zadání a výsledky v grafické podobě 2 praktických příkladů, na kterých je ukázáno, jak lze použít softvérový nástroj Wireless InSite Pro. První příklad demonstruje využití softvérového nástroje ve vnitřním prostředí a druhý příklad demonstruje využití softvérového nástroje ve venkovním prostředí. Návod na realizaci obou těchto praktických příkladu je k nalezení v příloze A.2 na DVD a hotové projekty jsou k nalezení v příloze A.3 a A.4 na DVD.

3.1 Vnitřní prostředí

Tento praktický příklad byl zaměřen na využití softvérového nástroje Wireless InSite Pro ve vnitřním prostředí. Testovacím prostředím byl model bytu 2+1, navržený v editoru podlažního plánu ve Wireless InSite Pro. Úkolem bylo:

1. Graficky zobrazit výkonovou úroveň (sílu signálu) v modelu bytu ve výšce 1,5 m, při použití bezdrátové technologie WiFi, na frekvenci 2,4 GHz.
2. Zobrazit v textovém souboru přesné hodnoty výkonové úrovně v konkrétních místech modelu bytu.
3. Vytvořit graf zobrazující hodnotu výkonové úrovně v závislosti na vzdálenosti konkrétních přijímacích bodů od přístupového bodu (AP).

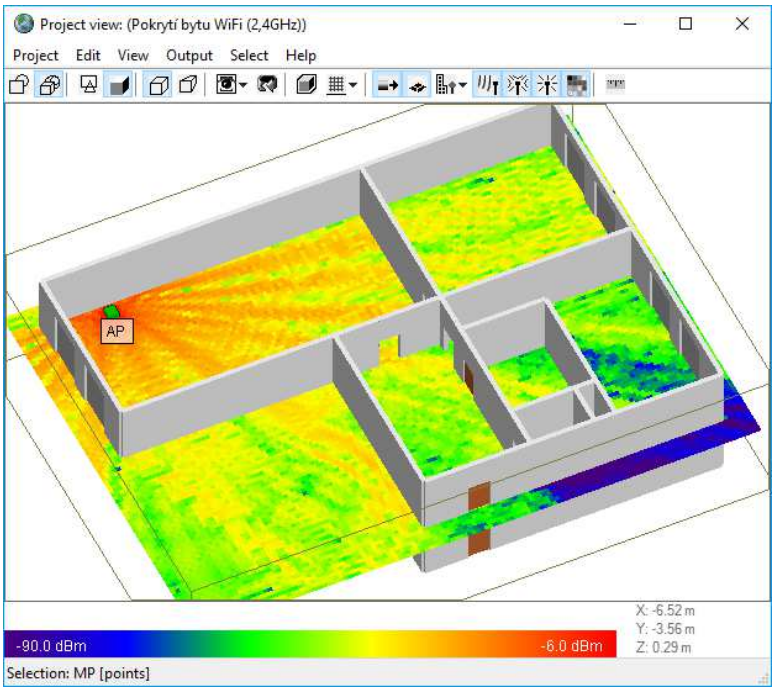
Tabulka 3.1 obsahuje seznam všech komponent, které ne/byly k vyřešení tohoto příkladu potřeba.

Tabulka 3.1: *Seznam použitých komponent v příkladu vnitřního prostředí*

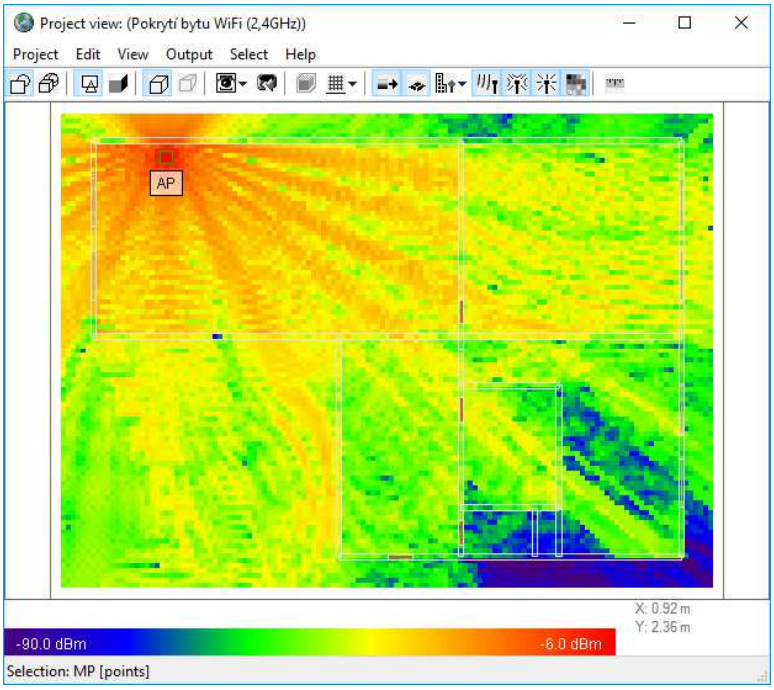
Komponenta	**Použití v projektu**
Prostředí – Město	Ne
Prostředí – Terén	Ne
Prostředí – Vegetace	Ne
Prostředí – Podlažní plán	Ano
Prostředí – Objekt	Ne
Materiály	Ano
Obrázky	Ne
Charakter elektromagnetické (EM) vlny	Ano
Antény	Ano
Vysílací a přijímací sada	Ano
Studijní oblastí	Ano
Komunikační systém	Ne

Výsledky

1. Grafické zobrazení výkonové úrovně (síly signálu) v modelu bytu ve výšce 1,5 m, při použití bezdrátové technologie WiFi, na frekvenci 2,4 GHz (obrázek 3.1 a 3.2).



Obrázek 3.1: *Grafické zobrazení výkonové úrovně v modelu bytu ve 3D módu*



Obrázek 3.2: *Grafické zobrazení výkonové úrovně v modelu bytu ve 2D módu*

2. Zobrazení přesných hodnot výkonové úrovně v konkrétních místech modelu bytu v textovém souboru (obrázek 3.3).

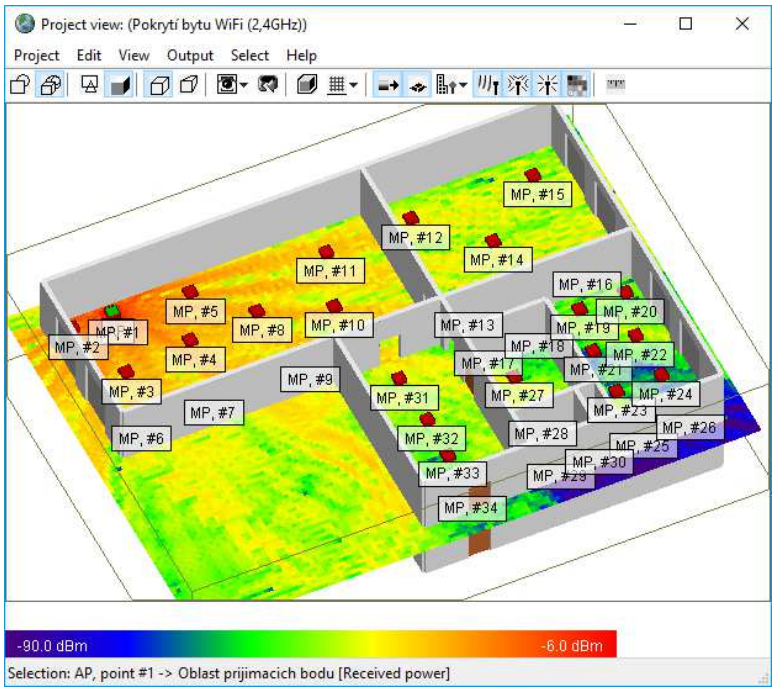
pokryti_bytu_wifi.power.t001_01.r005 – Poznámkový blok

Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda

```
# Receiver Set: mp
#   Rx#      X(m)          Y(m)          Z(m)     Distance (m) Power (dBm)  Phase (Deg.)
    1 -0.3984168E-07 -0.3875992E-06      1.500       0.00          0.49       -100.52
    2 -0.9455122E+00 -0.3875992E-06      1.500       0.95        -26.37         53.84
    3 -0.4297783E+00 -0.1604506E+01      1.500       2.63        -33.13         83.39
    4  0.1174727E+01 -0.1375291E+01      1.500       4.25        -33.59         83.39
    5  0.1747765E+01 -0.1719117E+00      1.500       5.58        -30.35        -91.47
    6 -0.8022528E+00 -0.2893841E+01      1.500       9.31        -39.22        125.76
    7  0.8882084E+00 -0.2893841E+01      1.500      11.00        -38.87         48.51
    8  0.2807885E+01 -0.1260683E+01      1.500      13.53        -32.83        -79.33
    9  0.3151707E+01 -0.2922493E+01      1.500      15.22        -48.10         -3.05
   10  0.4355086E+01 -0.1833721E+01      1.500      16.84        -34.85       -172.75
   11  0.4842168E+01 -0.4011268E+00      1.500      18.36        -44.13        109.17
   12  0.6876452E+01 -0.3151712E+00      1.500      20.39        -45.43        -76.93
   13  0.6847800E+01 -0.3008449E+01      1.500      23.09        -41.37         34.75
   14  0.8194439E+01 -0.1633158E+01      1.500      25.01        -52.00         13.97
   15  0.9741641E+01 -0.3438230E+00      1.500      27.03        -53.09       -123.34
   16  0.9627033E+01 -0.3037100E+01      1.500      29.72        -49.01        -68.95
   17  0.6790497E+01 -0.4154524E+01      1.500      32.77        -37.47         93.38
   18  0.7965224E+01 -0.4154524E+01      1.500      33.95        -54.86         75.82
   19  0.9053996E+01 -0.4125872E+01      1.500      35.03        -53.70         -7.92
   20  0.1014277E+02 -0.4125872E+01      1.500      36.12        -55.69        119.92
   21  0.8824780E+01 -0.5300600E+01      1.500      37.89        -66.93         42.30
   22  0.9827597E+01 -0.5300600E+01      1.500      38.89        -51.05        156.20
   23  0.8796128E+01 -0.6532630E+01      1.500      40.50        -69.40        -45.58
   24  0.9856249E+01 -0.6532630E+01      1.500      41.56        -64.66        122.74
   25  0.8796128E+01 -0.7621402E+01      1.500      43.08        -52.26       -150.59
   26  0.9913552E+01 -0.7592751E+01      1.500      44.20        -51.96         -5.90
   27  0.6991060E+01 -0.5243296E+01      1.500      47.95        -52.56       -118.00
   28  0.6991060E+01 -0.6418023E+01      1.500      49.12        -54.49         85.49
```

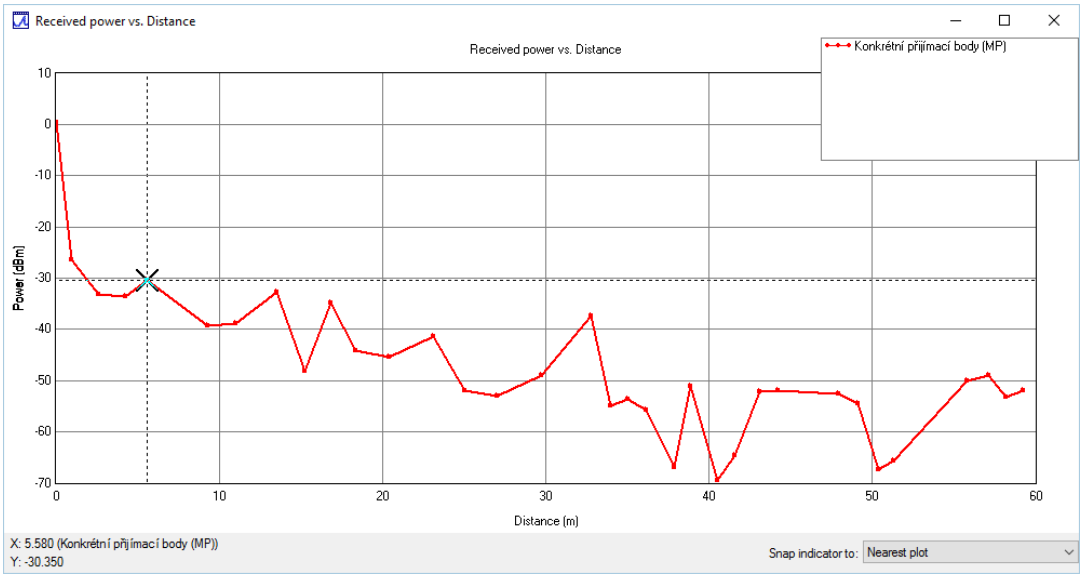
Obrázek 3.3: *Textový soubor zobrazující hodnoty výkonové úrovně v konkrétních místech (měřících bodech)*

Tyto konkrétní místa znázorňovaly konkrétní měřící body (MP), jak lze vidět na obrázku 3.4



Obrázek 3.4: *Zobrazení konkrétních přijímacích bodů (MP)*

3. Vytvoření grafu zobrazujícího hodnotu výkonové úrovně v závislosti na vzdálenosti konkrétních přijímacích bodů (MP) od přístupového bodu (AP).



Obrázek 3.5: *Graf zobrazující hodnotu výkonové úrovně v závislosti na vzdálenosti konkrétních přijímacích bodů (MP) od přístupového bodu (AP).*

3.2 Venkovní prostředí

Tento praktický příklad byl zaměřen na využití softvérového nástroje Wireless InSite Pro ve venkovním prostředí. Testovacím prostředím byla fiktivní část města s fiktivním terénním profilem, který byly navržené ve vestavěných editorech (editor měst a editor terénního profilu) ve Wireless InSite Pro. Úkolem bylo:

1. Graficky zobrazit přenosovou rychlost v modelu fiktivní části města s fiktivním terénním profilem při použití bezdrátové technologie LTE, na frekvenci 2600 MHz.
2. Vygenerovat krátkou animaci šíření jednoho impulsu EM vlny.
3. Graficky zobrazit vícecestné šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu, které vzniká vlivem ohybů, odrazů a rozptylu na překážkách (v tomto případě byly překážkami pouze budovy).
4. Vygenerovat impulsní charakteristiku vícecestného šíření EM vlny od vysílacího bodu ke konkrétnímu přijímacímu bodu.

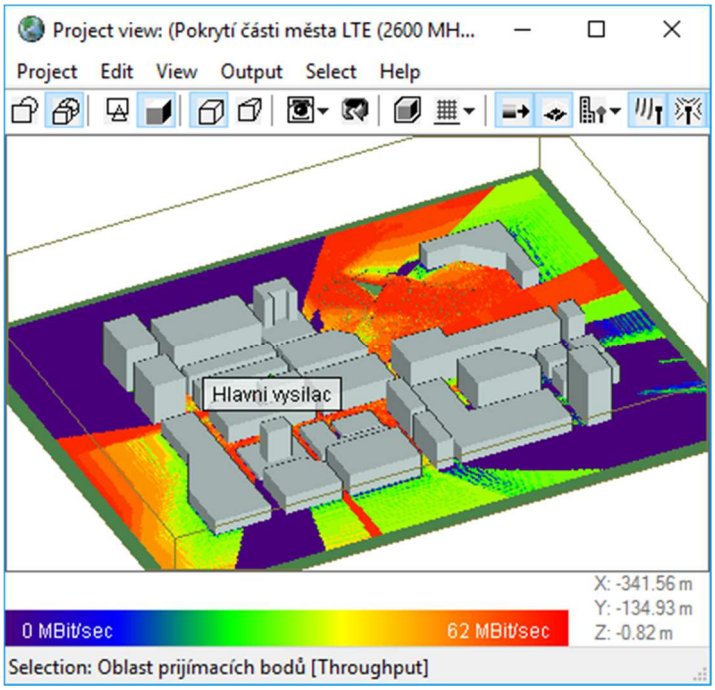
Tabulka 3.2 obsahuje seznam všech komponent, které ne/byly k vyřešení tohoto příkladu potřeba.

Tabulka 3.2: *Seznam použitých komponent v příkladu venkovního prostředí*

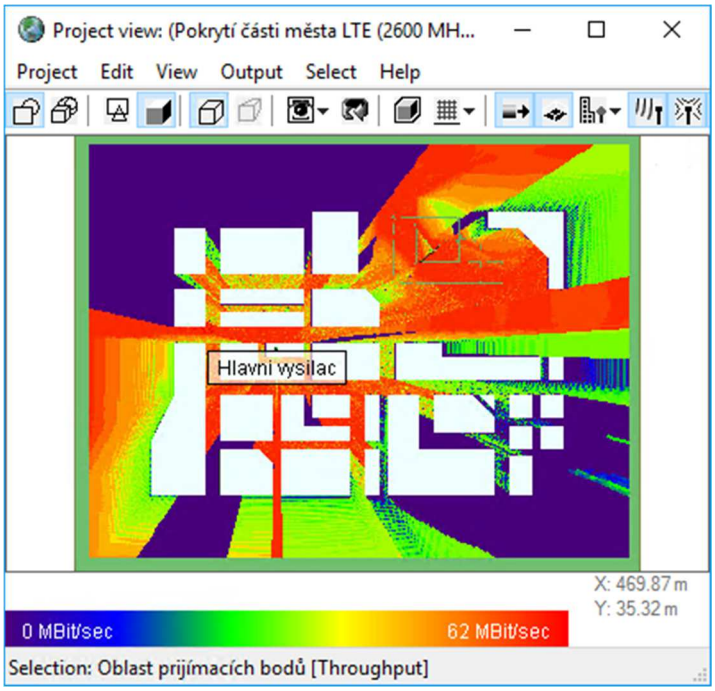
Komponenta	**Použití v projektu**
Prostředí – Město	Ano
Prostředí – Terén	Ano
Prostředí – Vegetace	Ne
Prostředí – Podlažní plán	Ne
Prostředí – Objekt	Ne
Materiály	Ano
Obrázky	Ne
Charakter elektromagnetické (EM) vlny	Ano
Antény	Ano
Vysílací a přijímací sada	Ano
Studijní oblastí	Ano
Komunikační systém	Ano

Výsledky

1. Grafické zobrazení přenosové rychlost v modelu fiktivní části města s terénním profilem při použití bezdrátové technologie LTE, na frekvenci 2600 MHz.

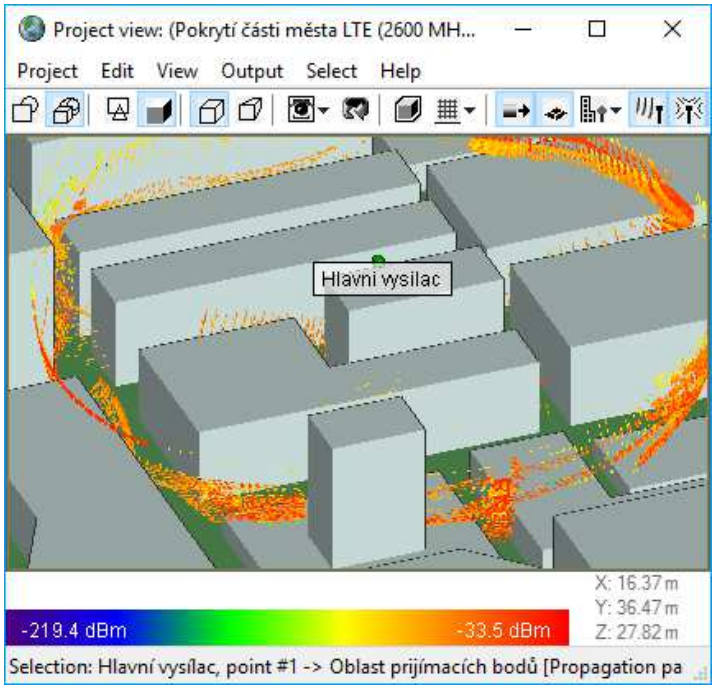


Obrázek 3.6: *Grafické zobrazení přenosové rychlosti v modelu části města s terénním profilem ve 3D módu*



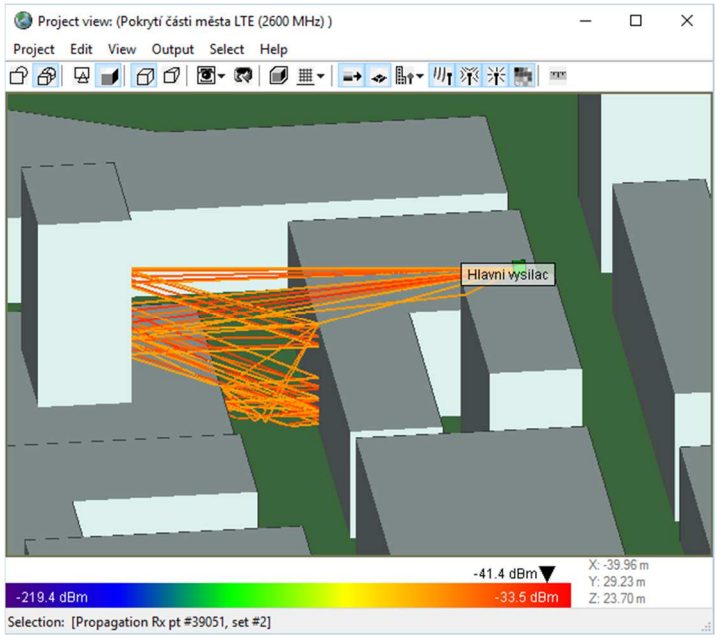
Obrázek 3.7: *Grafické zobrazení přenosové rychlosti v modelu části města s terénním profilem ve 2D módu*

2. Vygenerování krátké animace šíření jednoho impulsu EM vlny. (Animace jsou dostupné v příloze A.5 a A.6 na DVD)



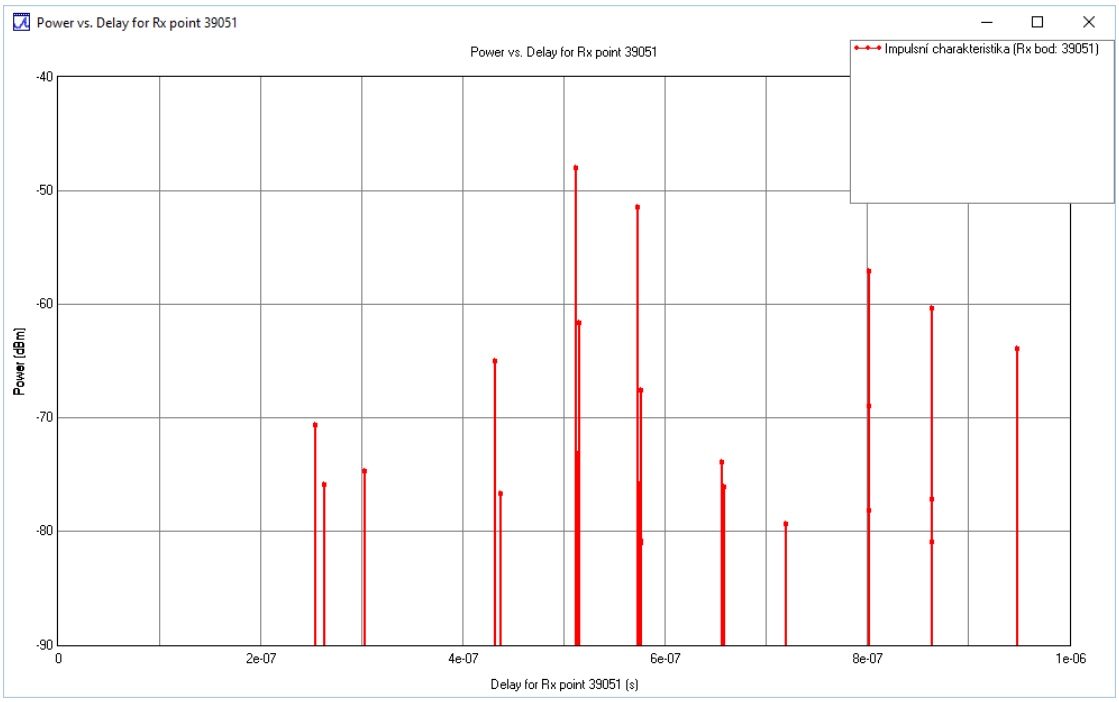
Obrázek 3.8: *Jeden snímek ze spuštěné animace šíření jednoho impulsu EM vlny*

3. Grafické zobrazení vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu, které vzniká vlivem ohybů, odrazů a rozptylu na překážkách (v tomto případě budou překážkami pouze budovy)



Obrázek 3.9: *Grafické zobrazení vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu*

4. Vygenerování impulsní charakteristiky vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu.



Obrázek 3.10: *Zobrazení impulsní charakteristiky vícecestného šíření EM vlny od vysílače ke konkrétnímu přijímacímu bodu*

Závěr

Prvním z cílů práce bylo zmapovat nabídku softvérových nástrojů určených pro předpověď šíření rádiových signálu a tyto softvérové nástroje mezi sebou porovnat. Jelikož informace o těchto softvérových nástrojích, které byly dostupné na webových stránkách společností, které vyvíjejí tyto nástroje, byly hodně podobné, bylo nutné psát o podrobnější informace na podporu těchto společností. 3 ze 4 společností, byly velmi vstřícné a poskytly odpovědi na všechny vznesené dotazy. Také byly ochotny poskytnout 30denní verze jejich softvérových nástrojů za účelem vyzkoušet si je a zjistit jejich možnosti. Na základě informací, které byly od společností získány, bylo provedeno srovnání těchto softvérových nástrojů podle obecných informací, hardwarových požadavků a podle podporovaných bezdrátových technologií.

Druhý z cílů práce byl popis možností, nastavení a funkcí softvérového nástroje Wireless InSite Pro. Jediným zdrojem informací o tomto softvérovém nástroji, byl více jak 450 stránkový referenční manuál v angličtině a dokument, který obsahoval 7 tutoriálu pro práci s ním. Cílem tedy bylo se na základě těchto dvou dokumentů naučit se softvérovým nástrojem Wireless InSite Pro pracovat a vhodným způsobem softvérový nástroj Wireless InSite Pro popsat. Jelikož možností využití tohoto softvérového nástroje jsou velké, druhá část této práce se zabývá pouze popisem všech oken tohoto softvérového nástroje. Další informace, například podrobný popis nastavení všech komponent nutných k realizaci projektu jsou pak popsány v příloze A.2 na DVD.

Třetím a zároveň posledním cílem této práce bylo vytvořit manuál (praktický příklad) pro práci s již zmiňovaným softvérovým nástrojem Wireless InSite Pro. Byly tedy vytvořeny 2 manuály. Jeden pro vnitřní prostředí, kterým byl model bytu 2+1 a druhý pro venkovní prostředí, kterým byla část města s terénním profilem. Nutno říci, že tyto manuály nejsou kopií těch originálních. Tomu odpovídá i jiný styl napsání těchto manuálu. V těchto manuálech je uživatel vždy nejdříve zasvěcen do problematiky, kterou je potřeba vyřešit a následně krok po kroku, s využitím softvérového nástroje Wireless InSite Pro, se tento problém řeší. Tyto manuály navíc obsahují spoustu obrázků, které by uživateli měli pomoci s nastavováním různých části projektu a k dosažení správných výsledků. Na konci obou manuálu jsou poté ukázány graficky zpracované výsledky, ke kterým by měl uživatel dojít. Cílem těchto manuálu je hlavně to, aby uživatel pochopil, jak se se softvérovým nástroje Wireless InSite Pro pracuje a pro jaké účely ho lze využít. Tyto manuály jsou taktéž umístěny v příloze A.2 na DVD.

Na tuto práci by šlo rozhodně navázat. Například by šlo více do hloubky prozkoumat to, jak ve Wireless InSite Pro efektivně importovat skutečné 3D modely samostatných budov, měst nebo terénních profilu a vytvořit za pomocí těchto modelů prostředí, které by se podobalo nějakému skutečnému prostředí.

Poté by se daly v tomto vytvořeném prostředí, podobnému tomu reálnému, ve Wireless InSite Pro s použitím některé bezdrátové technologie provést simulace šíření EM signálu a následně výsledky z těchto simulací (např. hodnoty přijímací výkonové úrovně, ztrátovosti apod.) porovnat s hodnotami skutečných prostředí. Tyto hodnoty ze skutečných prostředí by bylo nutné prakticky naměřit.

Ve Wireless InSite Pro je také možnost importování tzv. vegetace. Mohlo by být zajímavé vytvořit například město s vegetačním pásmem (to by reprezentovalo park s mnoha vysokými stromy), provést v tomto prostředí simulaci šíření konkrétního EM signálu, zapsat si výsledky a porovnat je

následně s výsledky z další simulace, která by měla stejné parametry jako ta první, avšak, neobsahovala by zmíněné vegetační pásmo.

Dalším návrhem, co by se dalo prozkoumat, je, jaký vliv mají menší objekty, jako například kancelářské vybavení ve firmě na vícecestné šíření EM signálu. S tím by souviselo i prozkoumání vlastností různých materiálu.

Použitá literatura

[1] *Electromagnetic Simulation Software & EM Modeling – Remcom: Wireless EM Propagation Software – Wireless InSite — Remcom* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: https://www.remcom.com/wireless-insite-em-propagation-software#insite-wireless-em-propagation-features

[2] *Electromagnetic Simulation Software & EM Modeling – Remcom: Wireless EM Propagation Software – Wireless InSite — Remcom* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: https://www.remcom.com/wireless-insite-em-propagation-software/

[3] *Siradel | Empowering wireless networks & smart city planning: Volcano: Best-in-class radio propagation models* [online]. [cit.2017-04-17]. Dostupné z: https://www.siradel.com/software/connectivity/volcano-software/

[4] *EDX Wireless | Smart Planning for Smart Wireless Networks: EDX® SignalPro® | EDX Wireless* [online]. [cit.2017-04-24]. Dostupné z: http://edx.com/wp-content/uploads/2014/07/brochure_signalpro.pdf

[5] *EDX Wireless | Smart Planning for Smart Wireless Networks: X3D Ray Tracing Module | EDX Wireless* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: http://edx.com/products/x3d-ray-tracing-module/

[6] *Altair: Helping Companies Design Products and Make Decisions.: WinProp Propagation Modeling – ProMan* [online]. [cit.2017-04-24]. Dostupné z: http://www.altairhyperworks.com/product/FEKO/WinProp---ProMan

[7] Wireless InSite Reference Manual: Version 2.8.0. State College, PA 16801, October 2015

[8] Wireless InSite User´s Guide: Version 2.8.1. State College, PA 16801, May 2016

A Příloha na DVD

Příloha A.1: Tabulka verzí softvérového nástroje Wireless InSite

Příloha A.2: Praktické příklady a podrobný popis komponent

Příloha A.3: Projekt1 – vnitřní prostředí (WiFi)

Příloha A.4: Projekt2 – venkovní prostředí (LTE)

Příloha A.5: Animace šíření jednoho impulsu EM vlny ve 2D

Příloha A.6: Animace šíření jednoho impulsu EM vlny ve 3D

Příloha A.7: Model bytu 2+1

Příloha A.8: Model části města

Příloha A.9: Model terénního profilu

Příloha A.10: Wireless InSite – Referenční manuál od výrobce

Příloha A.11: Wireless InSite – Uživatelská příručka od výrobce

Adresářová struktura přiloženého DVD:

```
DVD:.
|
+---Příloha A.1
|       Verze Wireless InSite.pdf
|
+---Příloha A.2
|       Praktické příklady a podrobný popis komponent.pdf
|
+---Příloha A.3
|   \---Priklad1_Indoor
|       |   byt2plus1.flp
|       |   pokryti_bytu_wifi.antenna0.uan
|       |   pokryti_bytu_wifi.antenna1.uan
|       |   pokryti_bytu_wifi.antenna_pattern.diag
|       |   pokryti_bytu_wifi.diag
|       |   pokryti_bytu_wifi.setup
|       |   pokryti_bytu_wifi.system.log
|       |   pokryti_bytu_wifi.txrx
|       |   pokryti_bytu_wifi.vw
|       |   request.tmp
|       |
|       \---Studijni oblast
|               pokryti_bytu_wifi.3dloop.dat
|               pokryti_bytu_wifi.diag
|               pokryti_bytu_wifi.dprecords.dat
|               pokryti_bytu_wifi.efrecords.t0001_001.dat
|               pokryti_bytu_wifi.ndpaths.tmp
|               pokryti_bytu_wifi.npaths.tmp
|               pokryti_bytu_wifi.paths.t001_01.r002.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.paths.t001_01.r005.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.pg.t001_01.r002.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.pg.t001_01.r005.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.pl.t001_01.r002.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.pl.t001_01.r005.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.power.t001_01.r002.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.power.t001_01.r005.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.precords.dat
|               pokryti_bytu_wifi.qrecords.dat
|               pokryti_bytu_wifi.spread.t001_01.r002.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.spread.t001_01.r005.p2m
|               pokryti_bytu_wifi.t0001_001.3dpath.dat
|               pokryti_bytu_wifi.t0001_001.dpath.dat
|               pokryti_bytu_wifi.t0001_001.efield.dat
|               pokryti_bytu_wifi.t0001_001.ipath.dat
|
+---Příloha A.4
|   \---Priklad2_Outdoor
|       |   cast_mesta.city
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.antenna0.uan
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.antenna1.uan
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.antenna2.uan
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.antenna_pattern.diag
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.diag
```

```
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.setup
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.system.log
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.txrx
|       |   pokryti_casti_mesta_lte.vw
|       |   request.tmp
|       |   teren.ter
|       |
|       \---Studijni oblast
|           |   errorlog.txt
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.diag
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.doppler.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.dpath.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.efrecords.t0001_001.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.ndpaths.tmp
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.npaths.tmp
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.path.r002.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.paths.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.pg.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.pl.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.power.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.precords.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.qrecords.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.spread.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.t0001_001.3dpath.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.t0001_001.efield.dat
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.toa.t001_01.r002.p2m
|           |   pokryti_casti_mesta_lte.xtoa.t001_01.r002.p2m
|           |
|           \---Komunikacni system
|                   pokryti_casti_mesta_lte.ber.t1_1.r2.p2m
|                   pokryti_casti_mesta_lte.c2i.t1_1.r2.p2m
|                   pokryti_casti_mesta_lte.psum.r2.p2m
|                   pokryti_casti_mesta_lte.spwr.r2.p2m
|                   pokryti_casti_mesta_lte.st2r.r2.p2m
|                   pokryti_casti_mesta_lte.tp.r2.p2m
|
+---Příloha A.5
|       EM_impuls_pohled_ve_2D.mpg
|
+---Příloha A.6
|       EM_impuls_pohled_ve_3D.mpg
|
+---Příloha A.7
|       byt2plus1.flp
|
+---Příloha A.8
|       cast_mesta.city
|
+---Příloha A.9
|       teren.ter
|
+---Příloha A.10
|       Wireless_InSite_Reference_Manual.pdf
|
\---Příloha A.11
        Wireless_InSite_Users_Guide.pdf
```